



**İSKENDERUN TEKNİK**

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**AKSARAY'A İNŞAA EDİLCEK  
YENİ OSB İÇİN YEŞİL  
HİDROJEN ÜRETİMİ**

**Yasin ÖĞÜTCÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**AĞUSTOS 2023**



# **AKSARAY'A İNŞAA EDİLCEK YENİ OSB İÇİN YEŞİL HİDROJEN ÜRETİMİ**

**Yasin ÖĞÜTCÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**AĞUSTOS 2023**

Yasin ÖĞÜTCÜ tarafından hazırlanan “AKSARAY’A İNŞAA EDİLCEK YENİ OSB İÇİN YEŞİL HİDROJEN ÜRETİMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Bahattin TANÇ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....  
.....

**Başkan:** Doç. Dr. Mustafa Kaan BALTACIOĞLU

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....  
.....

**Üye:** Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sinop Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/

.....  
.....

**Üye:**

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/

.....  
.....

**Üye:**

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/

.....  
.....

Tez Savunma Tarihi: ...../...../...

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ☒ Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
- ☒ Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ☒ Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ☒ Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- ☒ Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ☒ Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

AKSARAY'A İNŞA EDİLCEK YENİ OSB İÇİN YEŞİL HİDROJEN ÜRETİMİ  
(Yüksek Lisans Tezi)

Yasin ÖĞÜTCÜ

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2023

ÖZET

Enerji ihtiyacı her zamankinden daha önemli bir endişe kaynağıdır. Gerek artan talep gerekse sanayinin her alanında gelişen teknoloji enerjiye olan talebi artırmıştır. Bu nedenle uzun süredir enerji kaynağı olarak kullandığımız fosil yakıtların giderek tükenmesi bizi yeni enerji kaynakları aramaya itmiştir. Böylece alternatif enerji kaynakları her açıdan daha avantajlı hale gelmiştir. Geleceğin enerji kaynağı, ulaşımdan aydınlatmaya kadar enerjiye ihtiyaç duyulan her alana uyarlanabildiği için alternatif enerji kaynakları olarak görülüyor. Bu kaynaklar arasında en yüksek enerjiyi içeren gazın hidrojen olması ve yenilenerek üretilmesidir. Enerji kaynağı seçiminde ön plana çıkmaktadır.

Yeşil Hidrojen olarak güneş enerjisi ile hidrojen üretimi ve üretilen hidrojenin Sanayi Bölgesinin ısıtılmasında kullanılması teorik olarak incelenmiştir. Sonuç olarak Eskil'de yapılması planlanan OSB'nin yakın çevresine kurulacak bir güneş enerjisi santrali ile sıfır emisyon ile hidrojen üretilbilir ve OSB'nin ısınması Yeşil Hidrojen ile sağlanabilir.

Yapılması planlanan Organize Sanayi Bölgesi'nin ısınma için gerekli olan ihtiyacı alternatif enerji kaynakları ile temin edilebilir. Yeşil Hidrojen olarak sıfır emisyon değerine sahip fotovoltaik üretim ile hidrojen üretimi sağlanarak bölgenin ısınmasındaki ihtiyaç giderilebilir. Değerlerden okunduğu üzere güneş panellerinin ve sanayi bölgesinin Eskil ilçesi çevresinde olması bu konuda büyük avantajdır. Özellikle Konya Aksaray sınırında güneşe maruz açık alanların bulunması yerleşke için oldukça önemlidir. Bu da Güneş'ten hidrojen üretmeyi elverişli ve olumlu değerlendirilebilir olduğuna işaret eder. Organize sanayi bölgesinin olası yer değişikliği tesis civarına kurulacak fotovoltaik tesisin yerini etkileyecektir. Tesis verimliliği bölgenin yüksek miktarda güneş almasından ötürü önemli ölçüde değişmeyecektir ancak elverişli arazinin sanayi bölgesine olan uzaklığı hidrojenin taşınması için önemli kalem olacaktır. Ayrıca depolama konusunda Tuz Gölü doğalgaz tesisinde depolamak oldukça önemlidir.

Yapılan hesaplamalar ve simüle edilen senaryolarda 10MW değerinde bir Güneş Enerjisi Tesisi kurmak ve enerjisi ile hidrojen üretilip depolamak 2.1 yıl içerisinde kendi kendini ödeyen bir projedir. Yukarıda belirtilen Karbon Ayak İzi rakamları ve genel tasarruf miktarı yatırımın ve projenin mantıklı ve doğru olduğunu gösteriyor.

Anahtar Kelime : Enerji, yeşil hidrojen, güneş enerjisi, hidrojen üretimi  
Sayfa Numarası : 53  
Danışman : Dr. Bahattin TANÇ

GREEN HYDROGEN PRODUCTION FOR THE NEW OSB TO BE BUILT IN AKSARAY  
(Master's Thesis)

Yasin ÖĞÜTCÜ

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

August 2023

ABSTRACT

Energy need is a major concern than ever before. Both the increasing demand and the developing technology in every field within the industry have increased the demand for energy. Therefore, the gradual depletion of fossil fuels, which we have been using as an energy source for a long time, has pushed us to seek new energy sources. Thus, alternative energy sources have become more advantageous in every aspect. The energy source of the future is seen as alternative energy sources, as it can be adapted to any area where energy is needed, from transportation to lighting. Among these sources, the fact that the gas containing the highest energy is hydrogen and it can be produced by renewal. It comes to the fore in the choice of energy source.

As Green Hydrogen, the production of hydrogen with solar energy and the use of the produced hydrogen in heating the Industrial Zone have been studied theoretically. As a result, hydrogen can be produced with zero emission with a solar power plant to be built in the vicinity of the OIZ, which is planned to be built in Eskişehir, and the heating of the OIZ can be provided with Green Hydrogen.

Ensuring its construction can be provided with alternative energy sources, which are necessary for the heating of the Organized Industrial Zone. The need for heating can be met by providing production production with photovoltaic production with zero emission as Green Hydrogen. As it can be read from the values, it is a great advantage in this regard that solar panels are next to Eskişehir district in industrial zones. It is very important for the campus to see that it looks open, especially when the Konya Aksaray trip is exposed to the sun. This indicates that creating Karakurt from the Sun can be considered positive and positive. The possible displacement of the organized industry is to complete the photovoltaic settlement to be established around the facility. It will not change significantly due to the high amount of sun exposure of the system within the facility, but the distance of the suitable land from the industrial zone will be an important item for the Management's management. In addition, Salt Lake natural gas storage storage is very important in terms of storage.

In the calculations and simulated scenarios, building a 10MW Solar Power Plant and generating and storing the power plant is a self paying project in 2.1 years. The above mentioned Carbon Footprint uses and overall savings show that the investment and planning purpose are correct.

Key Words : Energy, green hydrogen, solar energy, heating, hydrogen production  
Page Number : 53  
Supervisor : Dr. Bahattin TANÇ

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans programına başlamadan önce, daha lisans eğitiminde iken hidrojen ve enerji konuları hep ilgimi çekmişti. Ders dönemleri sona erdikten sonra tez için belirlediğim ilk konu bir otomobilin hidrojen ile çalışabilecek bir elektrikli modülünü yapmaktı. Fakat yaşadığım şehir olan Aksaray’da yeni OSB alanlarının inşa edileceğini duyduğumda fikrim değişmişti.

OSB firmalarının enerji ihtiyacını neden hidrojenle sağlamıyoruz? sorusu aklıma geldi. Bunu güneş enerjisinden elde ederek Yeşil Hidrojen başlığı altında yapabilmek bölge olarak elimizdeki bir diğer avantajdı. Böylelikle süreç başladı ve bu tez ortaya çıktı. Yazım sürecinde desteğinden ötürü başta danışman hocam Sayın Dr. Bahattin Tanç hocama, desteğini hiç esirgemeyen değerli aile üyelerime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                         | Sayfa |
|-----------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                              | iv    |
| ABSTRACT .....                          | v     |
| TEŞEKKÜR .....                          | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                       | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....              | viii  |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....                | ix    |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....                | x     |
| HARİTALARIN LİSTESİ .....               | xi    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....           | xii   |
| 1. GİRİŞ .....                          | 1     |
| 2. MATERYAL METOT .....                 | 23    |
| 2.1. RedScreen Nedir? .....             | 23    |
| 2.2. Bölgenin Önemi Nedir? .....        | 23    |
| 2.3. Hidrojen Depolama ve Üretimi ..... | 30    |
| 3. ÇIKTILAR VE TARTIŞMA .....           | 37    |
| 3.1. Tasarruf Analizi .....             | 49    |
| 4. SONUÇ .....                          | 51    |
| KAYNAKLAR .....                         | 52    |
| DİZİN .....                             | 53    |



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                            | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 1.1 Türkiye Aylık Ortalama Radyasyon Değeri .....                          | 19    |
| Çizelge 1.2 Yıllara Gör Türkiye Elektrik Kurulu Gücü (MW) .....                    | 19    |
| Çizelge 1.3 Türkiye’de Elektrik Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçindeki Oranı ..... | 20    |
| Çizelge 1.4 Türkiye’nin Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi .....                     | 21    |
| Çizelge 2.1 Eski Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi .....                            | 27    |
| Çizelge 2.2 Eski Aylık Ortalama Radyasyon Değeri .....                             | 28    |
| Çizelge 2.3 RedScreen Eski Enerji Dökümü .....                                     | 29    |
| Çizelge 2.4 RedScreen’den Alınan OSB Koordinatları ve Alanın Işınım Değeri .....   | 29    |
| Çizelge 2.5 ÇŞB’den Alınan Aksaray Koordinat Düzemi .....                          | 30    |
| Çizelge 2.6 Simüle Edilen Güneş Enerjisi Tesisin Aylık Net Elektrik Üretimi .....  | 32    |
| Çizelge 2.7 Aksaray Coğrafi Konumu .....                                           | 35    |
| Çizelge 3.1 Genel Parametreler .....                                               | 37    |
| Çizelge 3.2 PV Dizilim Özellikleri .....                                           | 37    |
| Çizelge 3.3 Panel Dizilim Kayıpları .....                                          | 38    |
| Çizelge 3.4 Kablo Kayıpları .....                                                  | 38    |
| Çizelge 3.5 Simülasyon Aylık Veri Değerlendirmesi .....                            | 41    |
| Çizelge 3.6 Ana Sonuçlar .....                                                     | 44    |
| Çizelge 3.7 Aylık Net Elektrik Üretimi .....                                       | 45    |
| Çizelge 3.8 Maliyet Analizi .....                                                  | 47    |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                  | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1.1 Enerjinin Türleri.....                                                       | 3     |
| Şekil 1.2 Enerji Kaynakları .....                                                      | 7     |
| Şekil 1.3 Basit Enerji Dönüşüm Akışı .....                                             | 9     |
| Şekil 1.4 Enerji Kaynak Tanımlaması.....                                               | 9     |
| Şekil 1.5 Yenilenemez Net Enerji Miktarı.....                                          | 10    |
| Şekil Eş. 1.5 Yenilenemez Enerji İş Çevrimi .....                                      | 10    |
| Şekil 1.6 Yenilenebilir Net Enerji Miktarı.....                                        | 11    |
| Şekil Eş. 1.6 Yenilenebilir Enerji İş Çevrimi .....                                    | 11    |
| Şekil 1.7 Güneş'ten Hidrojen Üretme Metotları.....                                     | 18    |
| Şekil 1.8 Güneş Panellerinin Enerji Üretim Kapasitesi .....                            | 22    |
| Şekil 3.1 Normalleştirilmiş kW/s Başına Düşen Üretim .....                             | 39    |
| Şekil Eş. 3.1 Performans Oranı.....                                                    | 39    |
| Şekil 3.2 Panele Düşen Yıllık Radyasyon Grafiği .....                                  | 40    |
| Şekil 3.3 Yıllık Emisyon Değeri.....                                                   | 42    |
| Şekil 3.4 Yıllık Emisyon Kazanımına Eşdeğer Varil Petrol ve Benzin Miktarı.....        | 42    |
| Şekil 3.5 Tesis Kayıp Diyagramı.....                                                   | 43    |
| Şekil 3.6 Yıllı Nakit Akış Grafiği.....                                                | 44    |
| Şekil Eş. 3.6 Kümülatif Yıllık Nakit Akış Grafiği .....                                | 44    |
| Şekil 3.7 Güneş Enerjisi ile Üretilen Enerjinin Diğer Yakıtlarla Karşılaştırması ..... | 44    |
| Şekil 3.8 Simüle Edilen Tesisin P50 P90 Grafiği.....                                   | 46    |

## RESİMLERİN LİSTESİ

| Resim                                                           | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------|-------|
| Resim 2.1 Yapılması Planlanan GES'in Simüle Görüntüsü (a).....  | 35    |
| Resim 2.2 Yapılması Planlanan GES'in Simüle Görüntüsü (b) ..... | 36    |



## HARİTALARIN LİSTESİ

| Harita                                                            | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Harita 1.1 Dünya Direkt Normal Işınım Haritası .....              | 15    |
| Harita 1.2 Dünya Dik Açılı Işınım Haritası .....                  | 15    |
| Harita 1.3 Dünya Fotovoltaik Güç Potansiyeli Haritası.....        | 16    |
| Harita 2.1 Türkiye'nin Normal Işınım Haritası .....               | 24    |
| Harita 2.2 Türkiye'nin Dikey Işınım Haritası .....                | 24    |
| Harita 2.3 Türkiye'nin Fotovoltaik Güç Potansiyeli Haritası ..... | 25    |
| Harita 2.4 OSB Kurulacak Alanı .....                              | 25    |
| Harita 2.5 OSB Kurulacak Alanın Uydu Görüntüsü.....               | 26    |
| Harita 2.6 Güneş Enerjisi Tesisi Kurulabilir Müsait Alan.....     | 33    |
| Harita 2.7 Planlanan GES ve OSB Bölgeleri .....                   | 34    |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| <b>c</b>             | Işık Hızı        |
| <b>C°</b>            | Santigrad Derece |
| <b>d</b>             | Yer Değiştirme   |
| <b>dk</b>            | Dakika           |
| <b>F</b>             | Uygulanan Kuvvet |
| <b>hz</b>            | Hertz            |
| <b>km</b>            | Kilometre        |
| <b>m</b>             | Kütle            |
| <b>m<sup>2</sup></b> | Metrekare        |
| <b>m<sup>3</sup></b> | Metreküp         |
| <b>p</b>             | Kuvvet (Watt)    |
| <b>t</b>             | Zaman            |

### Kısaltmalar

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| <b>CO<sub>2</sub></b> | Karbondioksit                 |
| <b>ÇŞB</b>            | Çevre ve Şehircilik Bakanlığı |
| <b>GES</b>            | Güneş Enerjisi Sistemi        |
| <b>GSA</b>            | Global Solar Atlas            |
| <b>KTB</b>            | Kültür ve Turizm Bakanlığı    |
| <b>OSB</b>            | Organize Sanayi Bölgesi       |

## 1. GİRİŞ

Dünya kendi doğumundan sonra üzerinde canlı barındırmak için bazı özelliklere sahip olması gerekiyordu. Bunun için gereken ilk özellik suya sahip olmasıydı. Yüzyıllarca maruz kaldığı meteor yağmurlarında, meteorların taşıdığı su zerrelere ve tanecikleri dünya üzerinde bugün bulunan su kütlesini oluşturdu. Son meteor düştüğünden ve son su damlası Dünya’da yer ettiğinden beri toplam su kütlesi değişmemiştir. Bu oluşum sırasında meteorlar ile birlikte ve suyun içinde bazı bakteriler de dünyamıza ulaştı. Dünya artık içinde su barındıran ve barındırdığı suyun içinde bazı bakteriler olan bir gezegendi ancak hala yaşam için uygun değildi. Dünyamız samanyolu galaksisi içindeki bir güneş sisteminde yer alıyordu. Güneş bir yıldız olarak nükleer füzyon ile tabiri caizse hidrojen yakıyor ve büyük ışık ve ısı enerjisi ortaya çıkarıyordu. Böylece zaten aktif volkanik patlamalarla atmosferde fazlaca bulunan karbondioksit sera etkisi oluşturuyor ve güneş ışığı ile taşınan ısı dünyayı ısıtıyordu. Ayrıca Dünya ise güneş sistemi içinde canlı hayatı için mümkün olan sıcaklığa sahip olacak bir uzaklıkta bulunuyordu. Böylece bakterilerin oksijen üretmesi için uygun ortam hazırlanmış oldu. Devam eden süreçte atmosfer oksijen doldu ve canlı hayatı artık daha mümkündü. Algleri, tüm bu süreçte oksijen üretmesi için tetikleyen güneş enerjisiydi.

İlk çağlarda yabani hayvanlardan kaçmak için mağaralara tırmanan insanlar yiyecek ile bu enerjiyi sağlıyordu. Kuşlar uçmak, hayvanlar avlanmak için enerjiye ihtiyaç duyuyorlardı. Isınmak için geceleri ateş yakıyor, gündüzleri güneşi kullanıyorlardı. Pek çok farklı alanda enerji kullanılıyordu.

Bu noktada enerjinin tanımını yapmak gerekiyor. Genel olarak kabul gören tanım “iş yapabilme kapasitesi” olarak söylenilebilir. Burada enerjiyi hesaplamak ve anlamak için iş kavramını da açıklamak gerekir. İş bir cismin yer değiştirmesi için gereken kuvvettir.

Matematiksel olarak enerji toplam 3 formül ile ifade edilebilir. Bunlardan ilki;

$$\Delta E = Fd$$

Bir cismin yer değişikliğine uğraması bir iştir. Uygulanan “W” ile gösterilir. Cismin hareketinin başlangıç ve bitiş konumunun arasındaki gereken işin farklı bize net işi verecektir.

Bu da  $W = \Delta E$  demektir.

F: Uygulanan Kuvvet (Newton)

d: Yer Değiştirme/Mesafe/Uzaklık (m)

Denklem genelinde önemli olan eşitlik örneği şudur: 1 Joule enerjiye sahip cisim, 1 metrelik mesafeyi 1 Newton kuvvet ile gidebilir.

$$E = mc^2$$

Albert Einstein tarafından 1905 yılında yayınlanan makalede enerjinin direkt olarak kütle ile bağlantısı olduğu belirtilmiştir. Formüle göre 1 kg kütlesi olan bir cismin ışık hızının karesi ile çarpımı kadar Joule cinsinden enerjisi vardır. Burada diğer formüllerden farklı olarak işin başlangıç ve bitiş arasındaki farkın değil, direkt olarak enerjinin kütle ile bağlantısı vardır.

m: Kütle (kg)

c: Işık Hızı

$$\Delta E = Pt$$

Burada ise yine iş üzerinden bir tanım mevcuttur. İşin başlangıç ve bitiş arasındaki farktan enerji hesaplanabilir.

1 Joule enerjisi olan bir cisim 1 saniyede 1 Watt güç uygulayabilir.

P: Kuvvet (Watt)

t: Zaman (t)

Enerji kavramının kapasitesi ve formüllerini anlamak için birimlerin açıklaması da gereklidir.

Joule: 1 Joule, 1 Newton kuvvetinin, 1 metrelik bir mesafede yapılan işe eşittir.

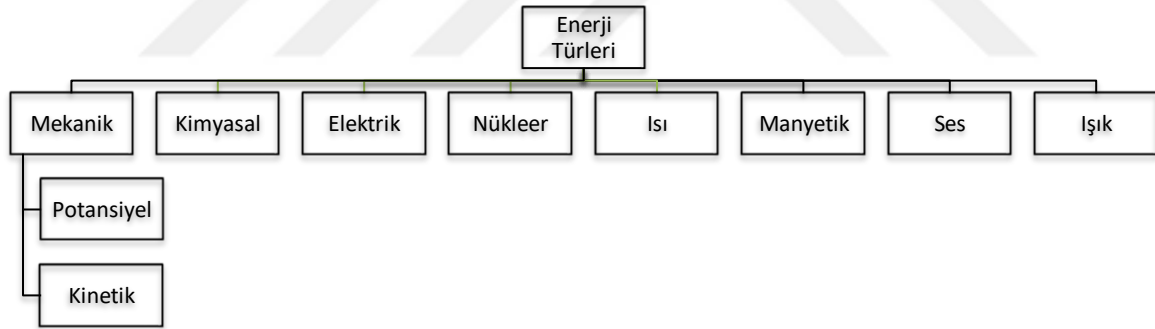
Newton: 1 Newton, bir kilogramlık bir cismi bir saniyede bir metre/saniye<sup>2</sup> hızla hareket ettirmek için gereken kuvvettir.

Watt: 1 Watt, 1 joule enerjiyi 1 saniyede dönüştüren hızdır.

Enerjinin en önemli özelliklerinden birisi Enerjinin Korunumu Yasası'dır. Bu yasaya göre enerji yaratılamaz ya da yoktan var edilemez ama enerji kendi içinde farklı formlara dönüşebilir. Bir sistem içerisinde girdi olarak verilen enerjinin tamamı işe dönüştürülmez. Sistem çıktısında iş yapabilmek için harcanan enerji "Net Enerji" olarak adlandırılır. Sistemin girdi çıktı arasındaki enerji ise "Kayıp Enerji" olarak isimlendirilir. Kayıp enerji iş için gereken formun dışında bir forma dönüşerek sistemden uzaklaşır.

## Enerji Türleri

Toplamda 10 adet enerji türü vardır. Bunlar;



Şekil 1.1 Enerjinin türleri (Eskin, 2018)

### Potansiyel Enerji

Cisimlerin konumları üzere depoladığı kabul edilen enerjidir. Ağaçta duran bir elma, gerilmiş bir yay, baraj suyu ya da yükseğe kaldırılan bir cisim örnek gösterilebilir. Formülü  $U = m \cdot g \cdot h$  olarak yazılır.  $W = \Delta U$  formülünde ise "yapılan iş = potansiyel enerjideki değişim" olarak açıklanabilir.



U: Potansiyel enerji

m: Kütle

g: Yerçekimi ivmesi

h: Yükseklik farkı

### Kinetik Enerji

Bu enerji türü cismin hareketinden ötürü sahip olduğu enerji türüdür. Yani hareketsiz konumda bulunan bir cismin hareket etmesi için ya da hareketli bir cismin durması için harcanan enerjidir. Gerilmiş bir yaydan çıkan ok, herhangi bir tetikleyici olmadan aldığı güç ile havada hareket etmektedir. Bu hareket anında sahip olduğu enerji kinetiktir. Yayın sağladığı potansiyel enerji, okun hareketi ile kinetiğe dönüşmüştür. Lunaparkta bulan RollerCoster ya da boş viteste ilerleyen bir araç örnek verilebilir. Hesaplaması için formülü şudur;  $K = \frac{1}{2}mv^2$

m: Kütle (kg)

v: Sürat (m/s)

### Mekanik Enerji

Yukarıda bahsedilen iki enerji türünün toplamına denir. Çünkü mekanik bir sistem içerisinde dönüşümlü çalışma prensibi olduğu için Potansiyel Enerji ve Kinetik Enerji birbirinden ayrı tutulamaz. Tüm mekanik sistemin enerjisi hesaplanır. Örnek olarak sarkaç yapıların, gezegenlerin veya güneş sisteminin hareketleri bu enerji türü ile açıklanmaktadır. Formülü ise şöyledir;  $E_T = U + K$

### Kimyasal Enerji

Atomların bağları arasında depoları enerji türüdür. Bu enerji bağ kurmak veya bağ koparmak istendiğinde açığa çıkar. Günümüzde petrol türevi yakıtlar veya kömür gibi madenlerin yakılarak kullanılması örnek olarak gösterilebilir.

## Elektrik Enerjisi

Bir elektrik sisteminin çalışması için gerekli olan enerji olarak tanımlanabilir. Atomların çevresindeki yüklü ve yüksüz parçacıkların birbiri üzerine yaptığı itme çekme kuvveti ile oluşur. Doğada bulunan ancak üretilen özel bir türdür. Güneş Enerjisi, Rüzgâr, Termik Santraller gibi yöntemler ile üretilir. Kullanım alanı elektriğin bulunduğu her alanı içerir. Bu yüzden en kapsamlı kullanım alanına sahip enerji türüdür. Aydınlatma, ısınma veya mekanik aksamın çalışması için kullanılabilir.

## Nükleer Enerji

Atomların çekirdeğinde depoladığı enerji türüdür. Fısyon ve Füzyon olarak şekilde üretilir.

Füzyon: Atomik yapıların birbiri ile birleşmesi ile;

Fısyon: Atom çekirdeğinin parçalanması iledir.

Günümüzde özellikle Uranyum atomunun parçalanması çokça kullanılan bu yöntem, yüksek miktarda enerji açığa çıkardığı için hem güvenliği hem de kullanımı açısından üst düzey tesis gerektiren bir enerji türüdür.

## Isı Enerjisi

Cismin içinde bulunan atomların titreşmesi ısı ile oluşur. Isının oluşması için cisme verilen enerjiye veya sıcaklığın yüksek olandan düşük olana akış gösteren miktarına Isı Enerjisi denir.

## Ses Enerjisi

Ses dalgalarının taşıdığı enerjiye ses enerjisi denir. Yüksek hızlı jetlerin ses hızını aşması durumunda sonik patlamalar yapması sesin bir enerji taşıdığının kanıtıdır. Aktif olarak çok büyük kullanım alanı olmasa, güçlü bir enerji türüdür.

## Işık Enerjisi

Fotonların hareketi ile oluşan ışık elektromanyetik dalgalar ile enerji taşır. Güneş ışıkları bu enerji türünün en büyük örneğidir. Deniz suyunun ısınması, paneller ile güneş ışığının elektriğe çevrilmesi örnek verilebilir.

## Manyetik Enerji

Elektronların hareketi sayesinde ortaya çıkan manyetik alanın gösterdiği itme çekme kuvvetine Manyetik Enerji denir. Günümüzde mıknatıslı makineler buna örnek verilebilir. Dünyanın çekirdeğinin üzerinde eriyik halde bulunan metal tabakanın dünya çevresinde oluşturduğu manyetik alan yön bulma açısından manyetik enerji olarak adlandırılabilir. Pusulaların manyetik alana göre sürekli manyetik kuzey kutbunu göstermesi, manyetik alanın pusula üzerindeki kuvveti ve enerjiyi açıklayabilir.

## Enerji Kaynakları

Yukarıda bahsedilen 10 adet enerji türünün elde edilmesi için iki farklı kategorize yapılır. Bunlar;

Dönüştürülebilmesine göre olmak üzere ikiye ayrılır. ;

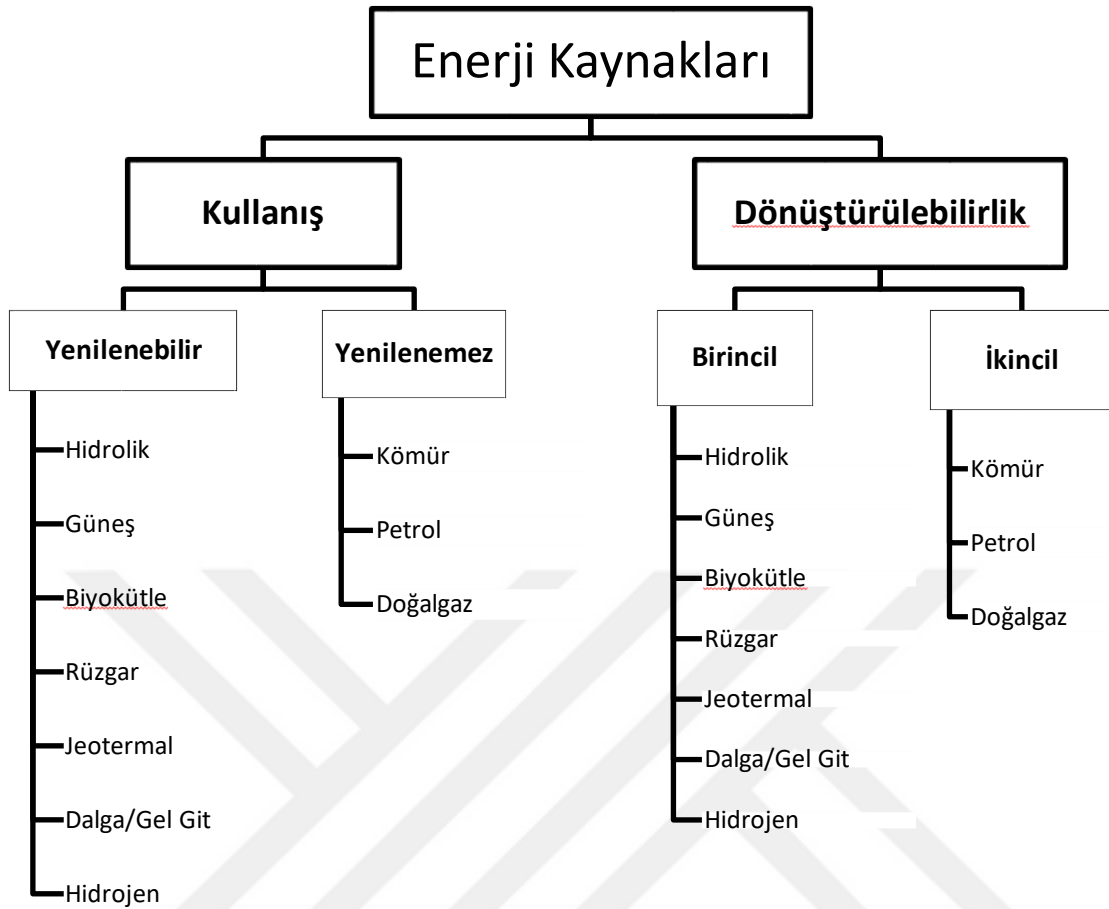
Birincil Kullanım; Doğada bulunduğu hali ile enerji verebilen kaynaklardır.

İkincil Kullanım: Enerji vermek için işlem gören birincil enerji kaynaklarına denir.

Kullanışına göre de iki sınıf vardır. ;

Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Kaynağın doğada tekrar ederek kullanılmasıdır.

Yenilenemez Enerji Kaynakları: Enerji veren kaynak tekrar kullanılmaz.



Şekil 1.2 Enerji kaynakları (Eskin, 2018).

Enerji: iş yapabilme kapasitesidir. Dolayısıyla kapasite artarsa yapılabilir iş de artar. Bunun için gerekli olan ise yüksek miktarda enerjidir. Makinelerin gelişimi ile iş yapmak ile enerji miktarı doğru orantılı ilerledi. Verilen enerji miktarı kadar iş yapıldı. Araçlar depoya doldurulan yakıt kadar, buharlı makineler yakılan kömür kadar iş üretti. Böylelikle enerjinin elde edilmesi değil ucuza elde edilmesi önem kazandı. Örneğin çok daha çevreci olmasına rağmen 19. Yüzyılda elektrikli otomobil, elektriğin olmasından ötürü neredeyse bir asır sonra Dünya gündemine gelmiştir.

20. yüzyılda artan nüfus ile gelişen sanayi daha çok enerji ihtiyacı doğurmuş ve daha çok kaynak kullanımı olmuştur. Böylelikle kolaylıkla enerji elde edilebilen kaynaklar yenilemez enerji kaynakları olan; ağaç, kömür, petrol vb. yakıtlar olmuştur. Bu kaynaklardan enerji üretebilmek için kimyasal tepkimeye sokmak gerekir. Fiziksel olarak yakılan yakıtlar depoladıkları enerjiyi aktarırken, tepkime sonucu yakılan miktar kadar atık olarak yanmış gaz salınımı yapar. Tepkimeye giren kaynak geri dönüştürülebilir olmadığı için tek kullanımlıktır. Bu tür geri dönüştürülmeyen kaynakların tamamına “Yenilemez Enerji Kaynakları” denir.

Aktif olarak hala kullanımı devam eden bu kaynakların içinde en popüler olanı kömür ve petroldür. Ağır sanayiler, demir ve çelik fabrikaları, ulaşım sektörü gibi bugün ki yaşamın çok büyük bölümünü oluşturan endüstriyel sektörlerin neredeyse hepsinde ucuz enerji kaynağı olarak fosil yakıtlar yani yenilenemez kaynakları kullanılmaktadır.

Yenilenemez enerji kaynaklarının avantajı olduğu kadar dezavantajı da mevcuttur. Bunların içinde günümüze direkt etki eden ve en büyük başlığı olan çevre kirliliğidir. Kullanıldıktan sonra doğaya salınan yanmış gazların atmosfere ve ozon tabakasına olumsuz etkisi yüksektir. Fosil yakıtlar kullanıldıktan sonra ortaya çıkan “Karbon” atomunun salınması olarak açıklana bu olaya Karbon Emisyonu adı verilir. Fosil yakıtların bu denli uzun süreli kullanılması ve doğanın karbon emisyonu miktarının artması atmosfer kirliliği, ekolojik sistem bozukluğu, sera etkisi gibi majör sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde zararlarının belirgin olarak hissedildi fosil yakıtlar, tercih olarak halen alternatif enerji kaynaklarının üstündedir. Bunun için maliyet ve zahmetsiz enerji elde edilebilmesi sebepleridir.

### **Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

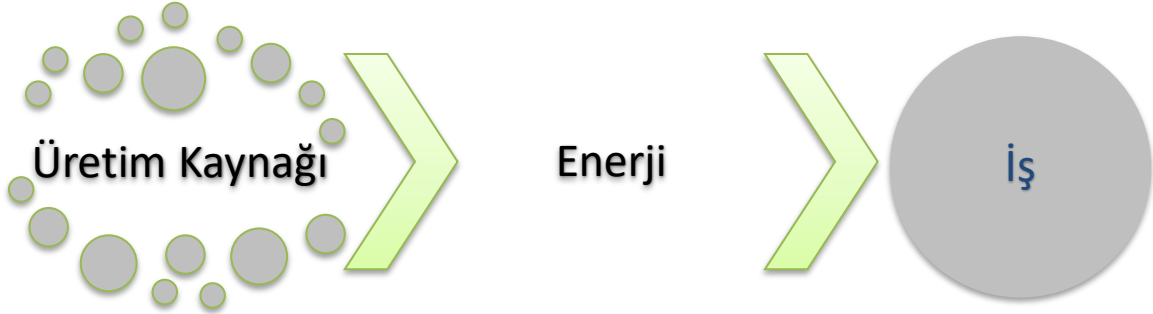
Yenilemez enerji kaynakları çalışma prensibi olarak sürdürülebilir kaynaklardır. Enerji elde etmek için tekrar tekrar kullanılabilir ve doğa dostudurlar. Güneş, rüzgâr, jeotermal, deniz dalgaları örnek verilebilir.

### **Karbon Ayak İzi**

Karbon ayak izi, doğal veya doğal olmayan yollarla doğaya salınan karbon miktarının ölçөгüdür. Atmosfere biriken sera gazı miktarı, bölgesel alan kirlilikleri, çevre projelerinde fizibilite oranı olarak hesaplanabilmektedir. Önem sırası olarak iki aşaması vardır. Birincil karbon aya izi; doğrudan üretilen CO<sub>2</sub> miktarının hesabıdır. Ulaşım, fabrikalar gibi direkt emisyon değeri üreten yerler örnek verilebilir. İkincil olarak dolaylı karbon ayak izi tanımı ise, süreç sonunda veya dolaylı olarak emisyon değeri sahip süreçlerdir. Çöpler örnek olarak verilebilir.

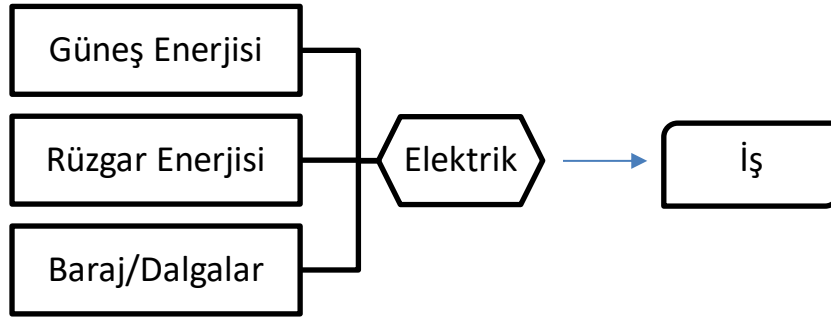
Yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesindeki asıl sebebi emisyon değeri sınırlamasıdır olarak bir bilgi vardır. Ancak üretim sistemlerinde sıfır emisyon miktarı

mümkün değildir. Sınırlandırılmış bölgeler için “Sıfır Emisyon” söylemi doğrudur ancak üretim geneli için kullanılamaz. Örneğin hidrojen üretimi için bunu söyleyebiliriz.



Şekil 1.3 Basit enerji dönüşüm akışı

Üretim döngüsü bir birim enerjiyi oluşturmak için kaynağın bulunması ile başlar. Eğer yenilenemez enerji kaynaklarından seçim yapılırsa sistem kendiliğinden kaynağa bağlı olarak yüksek miktarda emisyon salar. Sıfır Emisyon mantığı ile yenilenebilir enerji kaynağı seçilirse, süreç incelenmek üretimin başından itibaren incelemeye başlanır. Üretim olarak bizlere en çok kullanılan yöntem örnektir.



Şekil 1.4 Enerji kaynak tanımlaması

Bu üç döngüde gerçek karbon miktarı değerlendirildiğinde sistemler emisyonsuz çalışıyor diyebiliriz. Ama doğru değerlendirme için emisyon karşılaştırılması doğru bir ölçü değildir. Karbon ayak izinin ölçülmesi daha doğrudur. Karbon ayak izi zaten yenilemez enerji kaynakları için çok yüksek miktarda çıkmaktadır.

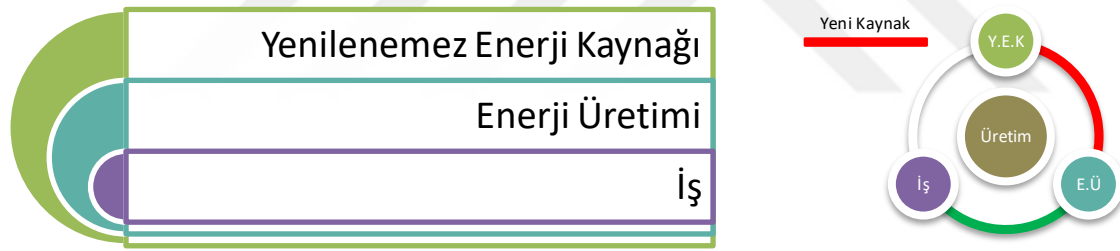
Yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığında ise enerjinin hazır bir tesis, kurulu sistem veya baraj tarafından sağlanamayacağı için, bu enerjiyi sağlayacak tesis, sistem veya barajların inşa süresi ve o süreçte harcanan karbon emisyonu, karbon ayak izi olarak tüm enerji üretim döngüsüne dâhil edilmelidir.

Rüzgar türbini tesisi kurmak istediğinizde; türbin dönsün ve enerji üretilsin. Böylece sıfır emisyonlu sistem yerine türbin kanatlarının, gövdesinin, motorunun gibi enerjiyi üretecek tüm yapıya ait tüm parçalarının da karbon ayak izi değerlendirmeleri yapılmalıdır. Böylece sistem kurulum sürecinde yine karbon emisyonu yapmış olur.

Peki neden karbon emisyonuna rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarına ait kurulu sistemler tercih ediliyor?

Çünkü yenilenemez kaynaklara göre çok küçük bir miktarda karbon ayak izi bıraktığı için tercih ediliyor.

YENİLENEMEZ ENERJİ KAYNAĞI ARAYIŞI → ENERJİ ÜRETİMİ → İŞ



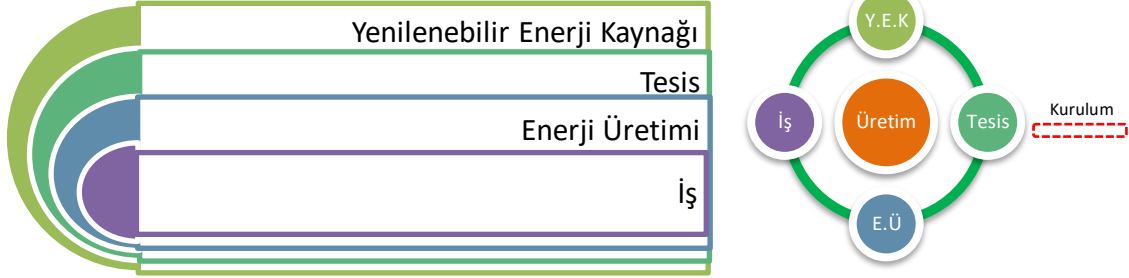
Şekil 1.5 Yenilenemez net enerji miktarı

Şekil Eş.1.5 Yenilenemez enerji iş çevrimi

Yenilenemez enerji kaynağı kullanılan sistemin toplam enerji kullanım Şekil 1.2 ve İş Çevrimi Şekil Eş. 1.2’te döngüsü verilmiştir. Bu enerji kaynağından iş yapmak istendiğinde kayıplardan dolayı toplam enerji miktarının küçük bir kısmı net işe dönüşür. Net işin tekrar kabiliyeti ise ürünün üretimin verimliliğidir. Yenilenemez enerji kaynağı kullanılan bir sistemde üretim döngüsü yoktur. Her iş için yeni bir kaynak ile süreç tetiklenmelidir. Bu nedenle sürdürülebilirlik yoktur. Kaynak yenilenemez olduğu için enerji üretimi sırasında karbon salınımı olur. Bir geri adımda ise zaten kaynak doğal olmadığı için, keşif ve tedarik süreçlerinde yine karbon salınımı meydana gelir. Şekil Eş. 1.2’te kırmızı ile belirtilen yerler karbon salınımını göstermektedir. Yeşil ise işe dönüşüm sırasında karbon salınımı meydana gelmediğini göstermektedir.

Sonuç olarak şemada döngü yoktur ve sistemin sürekli beslenmesi gerekir. Karbon salınımı her döngüde ve döngü öncesinde gerçekleşir.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI ARAYIŞI → SİSTEM KURULUMU → ENERJİ ÜRETİMİ → İŞ



Şekil 1.6 Yenilenebilir net enerji miktarı

Şekil Eş. 1.6 Yenilenebilir enerji iş çevrimi

Yenilenebilir enerji kaynağı kullanılan sistemin toplam enerji kullanımı Şekil 1.3 ve döngüsü Şekil Eş 1.3'te verilmiştir. Bu enerji kaynağından iş yapılmak istendiğinde kayıplar yenilenemez enerji kaynaklarına göre oldukça yüksektir. Bu nedenle kaynaktan net işe gelen enerji yüksektir. Sistemin kendi içinde döngüsü olduğu için üretimin verimliliği yüksektir. Her yeni döngü için süreç kendini beslemektedir. Kaynak yenilenebilir olduğu için karbon salınımı döngü içerisinde yoktur. Ancak bu tüm sürecin salınımı olmadığı anlamına gelmez. Emisyonlu bir döngü oluşturmak için kurulan tesisin kurulum aşamasında karbon salınımını gerçekleştirir. Bir seferlik yapılan bu işlem güneş enerjisi tesisleri için çok düşüktür. Dolaylı olarak ilk kurulumdaki emisyonun sonradan süreç tamamen yeşildir, yani emisyonludur.

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde örneğin fosil yakıtlar kullanıldığında her kaynağın arayışı hem de kullanımı süresince yüksek miktarda karbon emisyonu olacaktır. Bir maden ocağında kömür aramak ve çıkarmak, madenin çalışması, o kömürlerin nakliyesi için kamyonların harcadığı yakıt miktarı ve kömürlerin yakılması süreç içindeki direkt emisyonu etkileyen örneklerdir.

Yukarıdaki tablo incelendiğinde örneğin fosil yakıtlar kullanıldığında her kaynağın arayışı hem de kullanımı süresince yüksek miktarda karbon emisyonu olacaktır. Bir maden ocağında kömür aramak ve çıkarmak, madenin çalışması, o kömürlerin nakliyesi için kamyonların harcadığı yakıt miktarı ve kömürlerin yakılması süreç içindeki direkt emisyonu etkileyen örneklerdir. Sadece iş olarak ısınmayı sağlamak için tüm süreç emisyon içerir.



Yenilenebilir kaynaklar kullanıldığında kaynak arayışı için bir iş yapmaya gerek yoktur. Zaten doğal kaynaklar enerjiyi üretmek için ilk evrede yakıttır. Güneş ışınları, rüzgârlar gibi sitemlerden enerji üretmek için bir kurulu sistem gerekir. Güneş enerjisi örneği olarak bakarsak, ışıklardan enerji üretmek için gereken güneş enerjisi panellerinden bir santral kurmak ve sistemi çalıştırmaktır. Sonrasında üretilen enerji ve enerjinin kullanımı tam olarak sıfır emisyonudur. Ama panellerin üretiminde fabrikanın çalışması, jeneratörlerin üretimi, tesisin kurulması için çalışan iş makineleri tüm sisteme dahil edildiğinde aslında sıfır emisyon değildir. Ancak yenilemez sistemler ile karşılaştırıldığında büyük oranda azalma vardır. Bu maliyetten ve karbon emisyonundan tasarruf tercih edilme sebebidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarında en önemli konu hammaddedir. Ancak kaynak sürekli olsa bile yukarıda bahsedildiği gibi sabit ve istikrarlı değildir. Bu yüzden depolanabilmeli ve kullanım alanı için çeşitlilik sağlayabilmelidir. Güneş enerjisi ile üretilen elektriğin hidrojene çevrilerek depolanması, kullanım çeşitliliği ve verimlilik için katma değerli iştir.

## **Hidrojen**

Depolanabilir enerji olarak hem amacına uygun olması hem de çevreci olması bu projede tercih edilen hidrojendir. Renksiz, kokusuz ve zehirsizdir. Ayrıştırılması ve birleştirilmesi de mümkündür. Füzyon etkileri ile çok güçlü enerjiler içeren kullanım alanı mevcuttur. Güneşin çalışma prensibi füzyona örnek verilebilir. Hatta 2021 yılında Çin, 2022 yılında ise Amerika Hidrojen füzyonu ile yapay güneş yapımı denenmiş ve 2022 yılında yapılan deneyde net füzyon enerjisi elde edilmiştir. Sadece güneş değil evrende bulunan tüm yıldızların çalışma prensibi aynıdır. Çünkü evrende en çok bulunan element hidrojendir. En yüksek enerjiye sahip ve doğada en çok bulunan element olduğu hidrojenin yakıt olarak kullanılması mümkündür. Ancak bu kadar önem verilmesinin sebebi Hidrojen yakıt olarak kullanıldığında “Sıfır Emisyon” prensibi ile çevreye zarar vermeden sistemi terk etmedir. Hidrojenle çalışan elektrikli otomobiller buna örnek verilebilir. Hidrojen tankı ile değişim ya da su ilave ederek hidrojen elde edilen araçlar, egzoz çıktısı olarak doğaya sadece su buharı salmaktadır.

Yukarıda bahsettiğimiz karbon ayak izi açısından hidrojenin kullanılması tamimiyle sıfır emisyon değeridir ancak hidrojenin elde edilmesi için yapılan çalışmalar yine de tüm sistem

değerlendirildiğinde emisyon değeri taşımaktadır. Bu yöntemlere göre Hidrojen 4 farklı kategoriye ayrılır. Bunlar;

#### Gri Hidrojen

Fosil yakıtlar kullanılarak hidrojen elde etme yöntemine verilen isimdir. Günümüzde kullanımı mevcuttur ancak emisyon değeri yüksek bir süreçtir.

#### Mavi Hidrojen

Doğalgazdan üretilen ve gaz halinde depolanan CO<sub>2</sub>, düşük karbon salınımı olan bir hidrojen üretime sürecidir.

#### Turkuaz Hidrojen

Metandan proliz yönetimi ile katı halde karbon elde edilme işlemidir. Bu süreçte düşük karbon salınımı mevcuttur.

#### Yeşil Hidrojen

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak hidrojen üretme yöntemidir.

#### Güneş

Günlerin, takvimlerin, iş planların hepsi günün aydınlık olduğu zamanlardan daha çok faydalanmak için yapılmıştır. Her yeni uyandığımızda, ya da yeni bir güne uyanmak için her yattığımızda gün ışığını değerlendirmek isteriz. Bize bunu sağlayan ise kendi çekirdek yörüngemizde güneştir. Güneş ışıkları sayesinde atmosfer değerleri yenilenir çünkü bitkiler fotosentez yapar, canlılar avlanır, su ısınır, bizler işe gideriz. Tüm dünya hayatı güneş ışığına odaklı yaşar. Bazı canlılar güneş ışığı olmadığı zaman avlanır veya insanlar gece çalışır ama yine de odak güneş ışığıdır. Böylece canlı hayatı için Güneş olmazsa olmazdır.

Güneş Samanyolu galaksisi içindeki pek çok yıldızdan biridir. 4,5 milyar yıl önce doğmuştur ve 150 milyon km uzaklıktadır. Dünya’da yaşamın üzerine planlandığı gün ışığı güneşten tam 8.44 dakika sonra bizlere ulaşmaktadır. Dış yüzeyinde 5000 C° olan sıcaklık çekirdekte 15 milyon C° civarındadır. Bu sıcaklığa ise füzyon reaksiyonu ile ulaşır. Bir yanma söz konusu değildir. Çünkü güneş iyonize olmuş gazdan oluştuğu için katı değildir. İlk doğumunda Hidrojenden bir molekül bulutunun kendi içine çökmesi sonucu oluşmuştur. Yerçekimi bu kadar güçlü bir yıldızın doğumu sırasında ya bizden uzakta olacak ya da az kütleli olacaktır. Dünyadan 330.000 bin kat büyük olan güneş %90’dan fazla hidrojen barındırmaktadır. Maddenin dördüncü hali dediğimiz plazma hali güneş içerisindeki atomların halini açıklar. Atomların elektronlarından ayrılıp Hidrojenlerin birbiri ile kaynaması Helyum oluşur bu işlem füzyon reaksiyonudur. Füzyon reaksiyonu ile ortaya çıkan enerji kendi üzerine çökmeye çalışan yıldızın çökme işlemini dengeleyerek ve ömrünü uzatmıştır. Böylece Güneş aslında hidrojen yakarak enerji üreten bir makine gibi kendi kendini çalıştırmaktadır. Güneşin çevrimi sonucu ortaya ısı ve ışık ise gün ışığıdır.

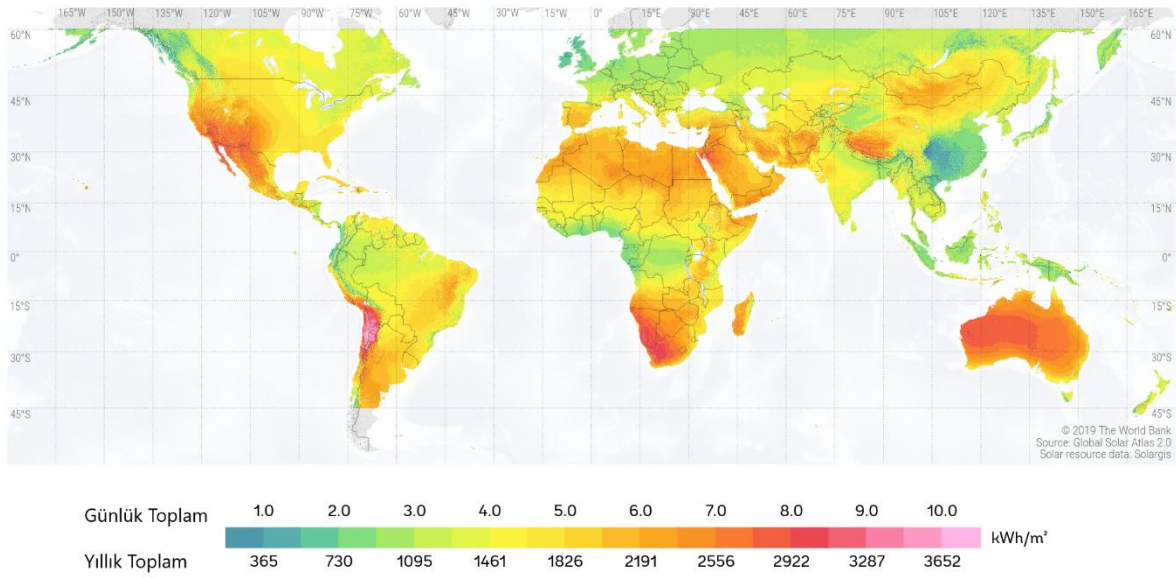
Güneş ışığı füzyon etkisi ile uzayda boşluğa yayılan ışık enerji taşıdığı için ışık yoğunluğuna bağlı olarak enerji akışı da etkilenecektir. Bunu için güneş sistemimiz içinde “Yaşanılabilir Alan” kavramı vardır. Canlılık hayatının olması için güneşten elde edilen ışığın güneşten 110 ile 230 milyon km arası olması gerekmektedir. Bu sınırlar ise dünyada tespit edilen en yüksek ve en düşük sıcaklıkları arasında elde edebilen canlı yaşamının çeşitliliği sağladığı sınırlar olarak belirlenmiştir.

Ancak sadece güneş ışığı dünyada canlılık hayatı için yeterli değildir. Dünyada hayatın başlaması için yeterli atmosferik basıncın sağlanması, gerekmektedir. Güneş ışığı ile suyun ısınması ve alglerin oksijen üretmeye başlaması ile atmosfer de dengelenecektir. Oksijenin üretilmesi için suyun ısınması ve alglerin çalışması da güneş ışığının yüksek miktarda enerji taşıdığının bir göstergesidir.

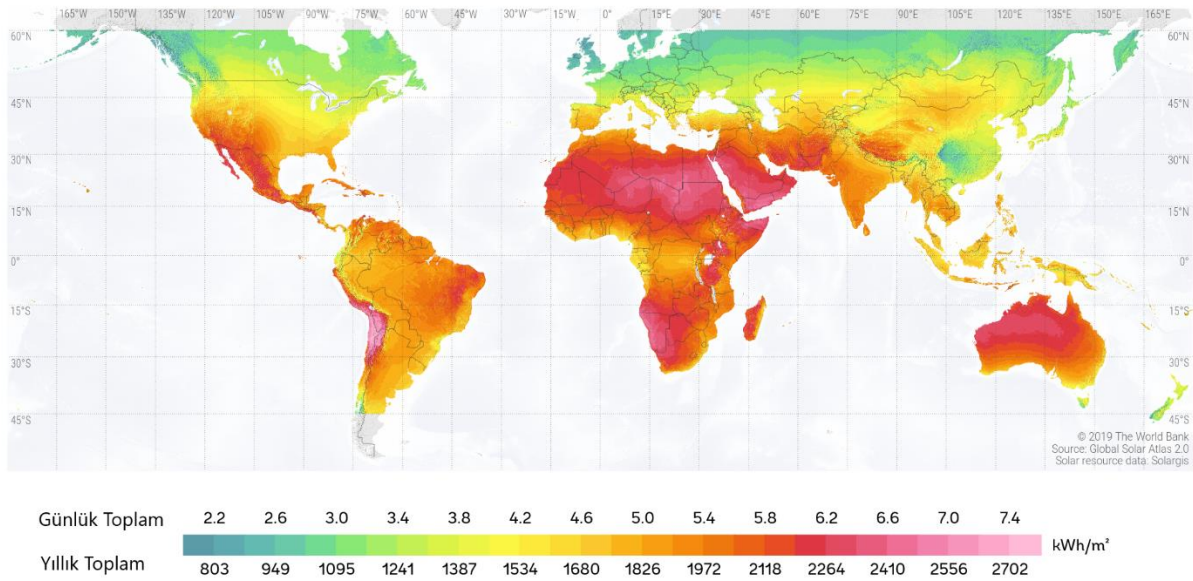
Enerji harcamak ise kütle kaybının göstergesidir. Yukarıda Einstein tarafından bulunan  $E = mc^2$  formülüne göre enerji saçmak kütle kaybetmek demektir. Güneş için öngörülen ömür 5 milyar yıldır. Füzyon etkisinden ötürü her geçen gün çekirdeğin daha da büyümesi demektir. Çekirdek büyüdükçe güneş büyüyeceği için bahsedilen “Yaşanabilir Alan” daha genişleyecek ve bir süre sonra güneş sırasıyla gezegenleri yutacaktır. Dünyayı yutmadan önce zaten tüm atmosferi buharlaştıracak, su buharı atmosfere doldukça sera etkisi artacağı için dünya çölleşecektir.

Bu durum dünya için pek yakın görünmese de tehlike ve her geçen gün daha çok artmaktadır. Son 138 yıl içerisinde Dünya 3 kez en sıcak yıl rekorunu kırmıştır. Sırasıyla 2016, 2015 ve 2017 yıllarının ardışık olarak gelmesi, sera gazı etkisi ve küresel ısınmanın direkt etkisi olarak bizlere yansımıştır. Küresel ısınmanın bir başka kanıtı ise son 100 yıl içerisinde dünya ortalama sıcaklığı  $1\text{C}^\circ$  artmıştır. İlk 70 yıl  $0.5\text{C}^\circ$  artan değer, kalan 30 yıl içerisinde de  $0.5\text{C}^\circ$  yükselmiştir. Artış miktarındaki dengesizlik son yıllarda olayın ciddiyetini daha çok vurgulamaktadır. Aşağıda Dünya Güneş Atlasının 3 çeşidi görülmektedir.

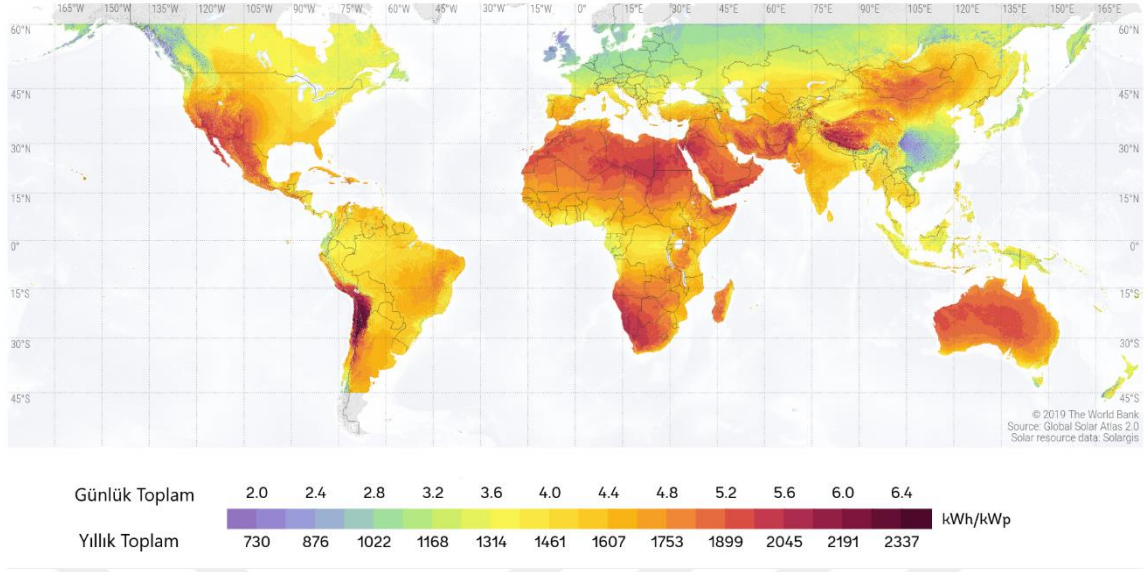
Sırası ile; Normal Işıma Oranı, Toplam Işıma Oranı ve Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.



Harita 1.1 Dünya direkt normal ışıma haritası (Global Solar Atlas, 2023).



Harita 1.2 Dünya dik açılı ışıma haritası (GSA, 2023).



Harita 1.3 Dünya fotovoltaik güç potansiyeli haritası (GSA, 2023).

## Dönüşüm İhtiyacı

2030 yılındaki değer, 2010 yılına göre kaçınılmaz şekilde 1.5 C° artacaktır. Artış miktarı 2030 sonrası daha yükselmesin diye karbon emisyonunu azaltıp alternatif kaynaklara yönelmemiz gerekmektedir. Fakat geçim kaygısı nedeniyle yarını düşünülebilen insanların uzun vadede çözüm için hassas davranmaları beklenemez. Bunun uluslararası önlemler alınmalıdır. Özellikle Türkiye’de teşvikle Güneş enerjisine yönelim son 4 oldukça artmıştır. Ne kadar alternatif enerji kullanırsak kullanalım, günümüzün ihtiyaçlarını alternatif enerjilerle karşılamak mümkün değildir. Yenilenebilir kaynakların kalıcı ve kesin çözüm olarak gündelik hayata adaptasyonunu sağlamak için hassas bir geçiş ile istikrar ve maliyet bakımından fosil yakıtların kullanımı hem çoktur hem de önemlidir. Mesela bugün tamamen fosil yakıtların yok olduğunu düşünelim. Güneş, rüzgâr veya su ile elektrik ve enerji üretebiliriz.

Ancak bunları sağlayacak güneş paneli, rüzgar türbini kanatçığı gibi ürünleri üretemeyiz. Enerji dönüşümündeki hassas geçiş bu yüzden çok önemlidir.

Fosil yakıtların kullanımında çevreci davranmak; emisyon oranını azaltmak için uygulanan bir diğer yöntemdir. Örneğin; Ulaştırma sektöründe yakıtların emisyonunu azaltmak için EuroNorm şartı vardır. Çalışma prensibi olarak, yanmış egzoz gazlarının üzerine amonyak püskürtülerek bir tepkimeye daha sokulur ve emisyon değeri az olan yanmış gaz salınır. Kömür bacaları için yapılan önlem ise pekte koruyucu değildir. Filtrelerde biriken kömür

külü toprakla karıştığında yeraltı sularını zehirler. Su toprakla karıştığında ise zehirli çamur oluşumuna sebep olur. Bir başka önemli başlık ise yukarıda enerji kaynağı olarak tercih ettiğimiz güneşin patlamalarından oluşan Güneş fırtınalarıdır.

Güneş Fırtınaları; güneşin içinde veya Korona adı verilen dış tabakasından, patlamalar sonucu uzaya yaydığı yüksek miktarda radyasyon yani yüklü parçacıklardır. Normalde güneş rüzgarları belirli aralıklarda ve seviyelerde kendini tekrar eder ancak geçmiş döngüler içerisinde sabit şekilde tekrar eden çok güçlü fırtınalar da bulunmaktadır. Bu fırtınalar normal şartlarda dünyanın atmosferi tarafından engellenir ve Kuzey Işıkları adı verilen fenomeni oluşturur. Yüklü iyonların dünyanın manyetik alan sınırı boyunca hareket ederek görünürler. Tehlike barındıran kısım ise güneş fırtınalarının büyük patlamalar ile dünyanın elektromanyetik alanını etkilemesidir. Bu etkinin iki sonucu vardır. İlki dünyanın manyetik alanının kaymasına hatta bozulmasına bile sebebiyet verebilir.

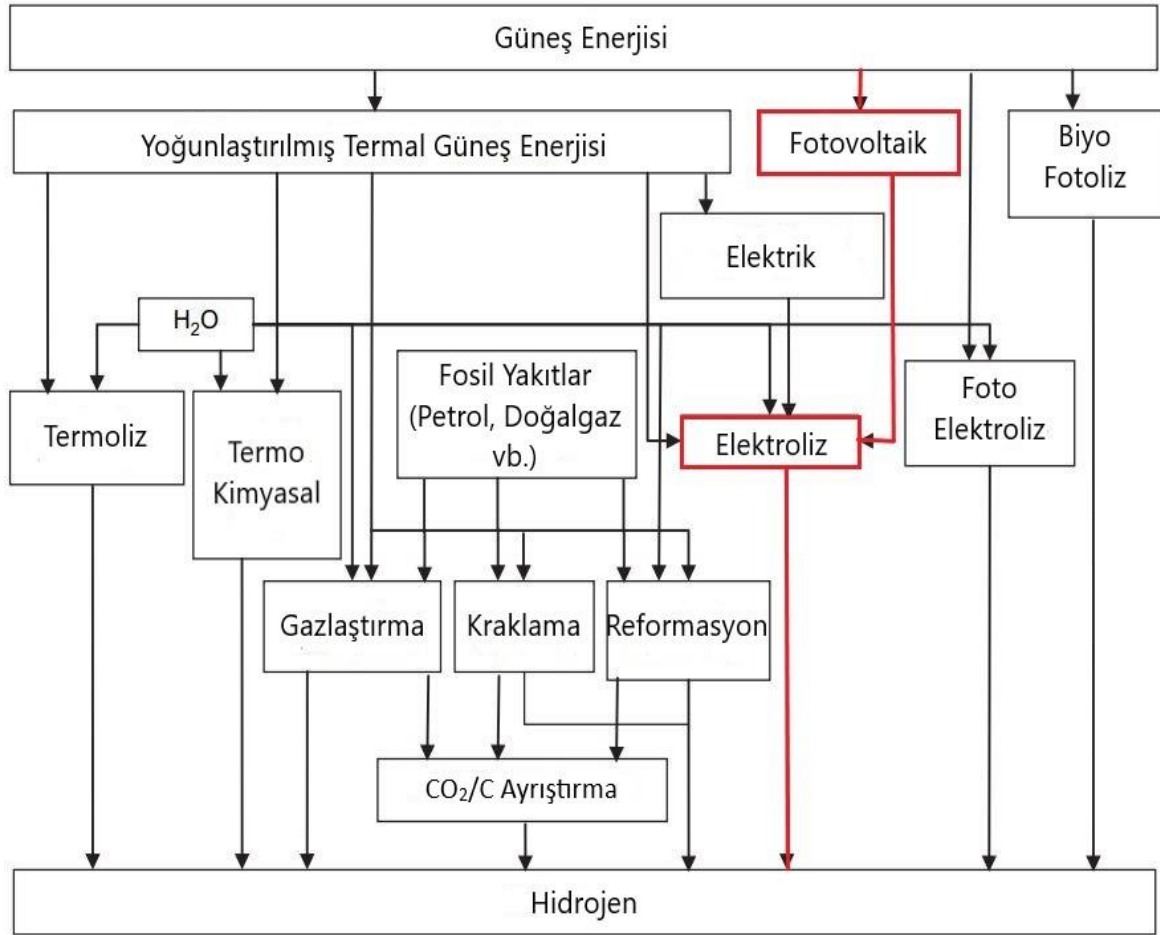
Böylece içinde pusula bulunduran her cihaz veya kullanan her kişi gerçek kuzeyin vekâletine sahip manyetik kuzeyi şaşıracaktır. İkinci olarak manyetik alan bulunduran her cihaz fırtına ile etkilenerek ve devre dışı kalacaktır. Elektrikli cihazların arıza yapması veya tamamen bozulması kısa bir süreliğine fırtınaya karşılayan bölge için “olabilir” bir senaryodur fakat büyük çaplı bir fırtınada neredeyse tüm elektrikli hayatın bir süreliğine yok olması da öngörülmelidir.

Elektrikli bir süreliğine hayatımızdan çıkarsa, üretimler düşer, toprak işleri yavaşlar, şehir suları arıtılmaz veya hastaneler çalışmaz. Güneş fırtınalarından korunmak için, elektriğin sabit ve istikrarlı kullanılacak bir forma dönüştürülmesi gerekir. Fosil yakıtlar ile bunu sağlamak, zaten istenmeyen bir sonuçtur. Böylece yenilenebilir bir enerji kaynağı ile enerji üretilip, bunu depolanabilir şekilde bir enerji formuna dönüştürmek ve istenildiği zaman kullanılabilecek şekilde bekletmek böyle felaketler için çözümdür.

## **GES Kurulu Gücü**

Güneşten dünyaya düşen anlık enerji 173.000 TeraWatt’tır. Dünyanın yıllık enerji tüketimi ise 25 teraWatt’tır. Enerjini büyük bir kesimi denizlere ve okyanuslara düştüğü için ekosistem ve canlılık hayatı için önemlidir. Bu yüzden yalnız karada, ilk yatırım maliyetini karşılayabilmesi için yoğun enerji alan bölgelerde tercih edilmelidir. Bu bölgelerde yapılan

Güneş Enerjisi Sistemleri'nin çalışma prensibine Fotovoltaik Metot denir. Aşağıdaki şekilde çalışma prensibi verilir.



Şekil 1.7 Güneşten hidrojen üretme metotları (Öztürk, Elbir, Özek ve Yakut, 2011).

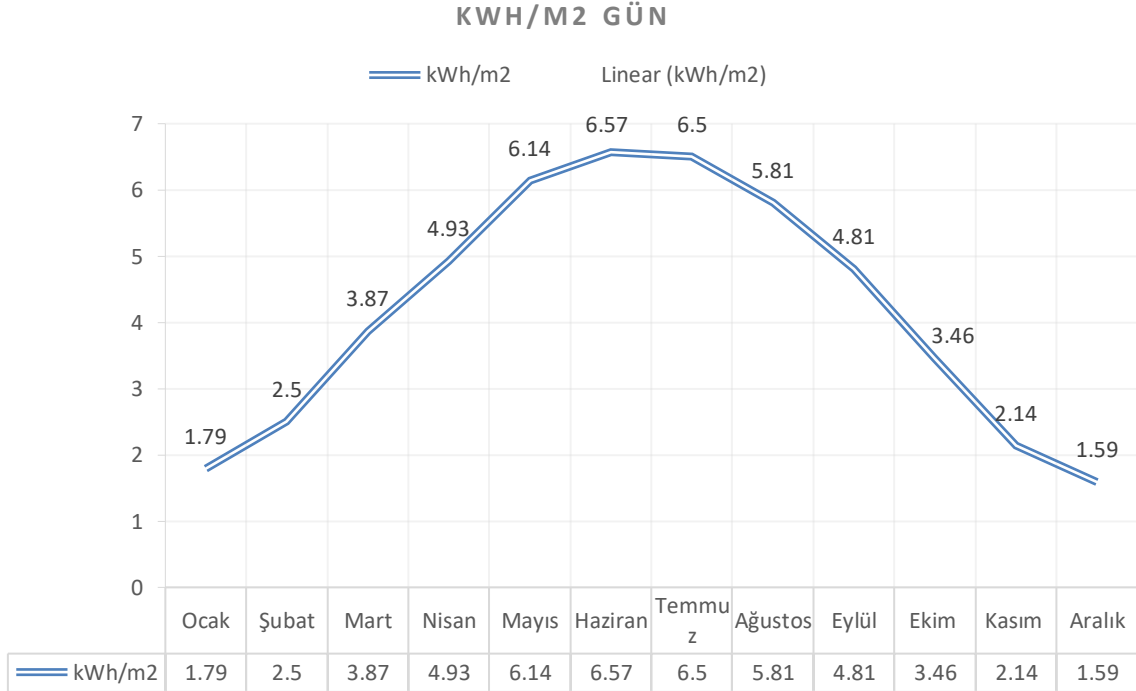
Güneş enerjisi kullanarak farklı üretim yöntemleri mevcuttur. Yeşil Hidrojen kapsamında bunu sağlamak için anot yöntemi ile hidrojenin üretimi sağlanabilir.

Türkiye özelinde konu incelendiğinde 3 parametre kritiktir. Bunlar; Toplam Enerji İhtiyacı, Güneş'ten Karşılanan Enerji Miktarı ve Yüzeye Düşen Toplam Radyasyon Miktarı'dır. Bu üç grafik aşağıdaki şekilde yer almaktadır.

Aşağıdaki şekilde Türkiye'nin 2022 yılı içinde aylık ortalama radyasyon değerleri yer almaktadır.

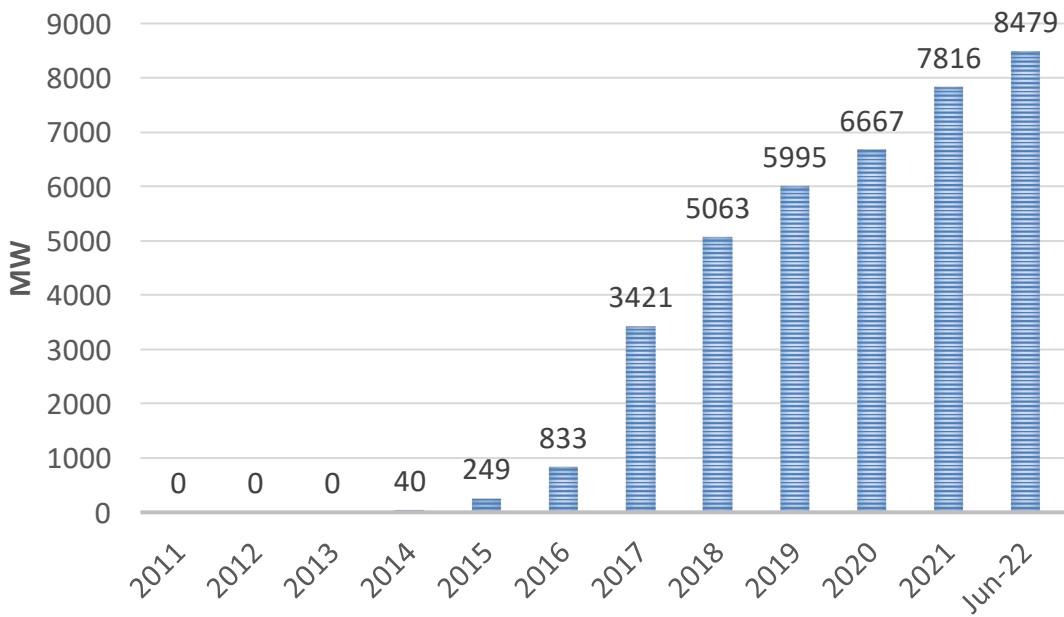


Çizelge 1.1 Türkiye aylık ortalama radyasyon değeri (GEPA, 2022).



Türkiye, Güneş Enerjisi Kurulu Güç olarak gelişme gösteren ülke konumundadır. Son yıllarda devlet teşviki ile artan Güneş Enerjisi kullanımı aşağıdaki Toplam Kurulu Güç tablosunda yer almaktadır.

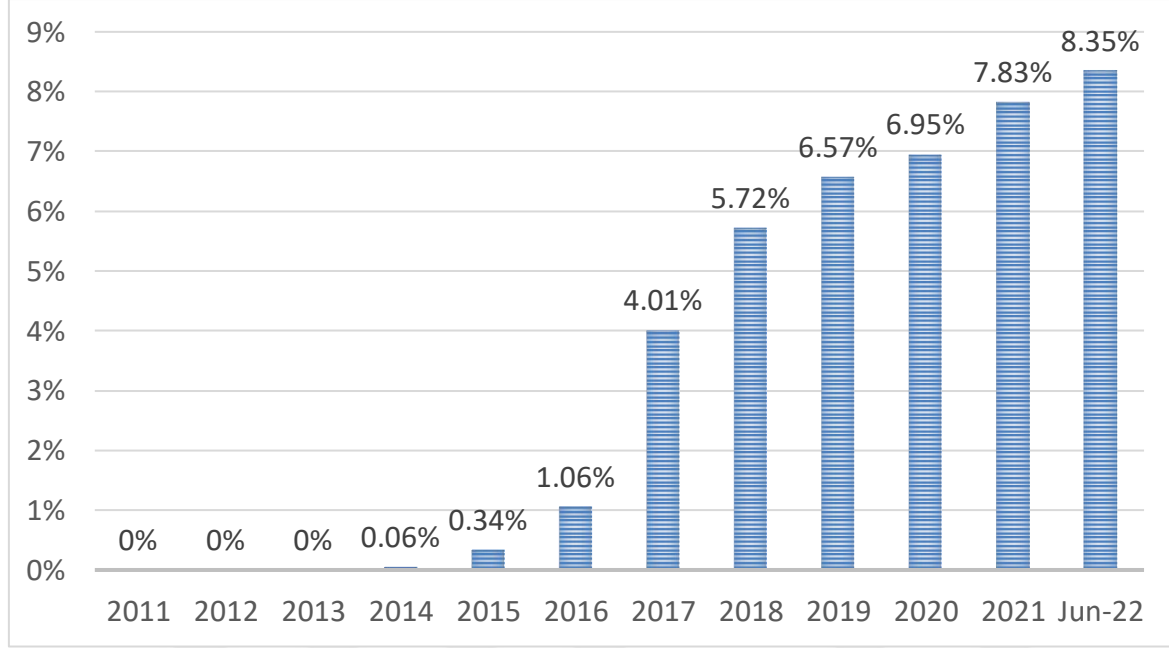
Çizelge 1.2 Yıllara göre Türkiye elektrik kurulu gücü (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).





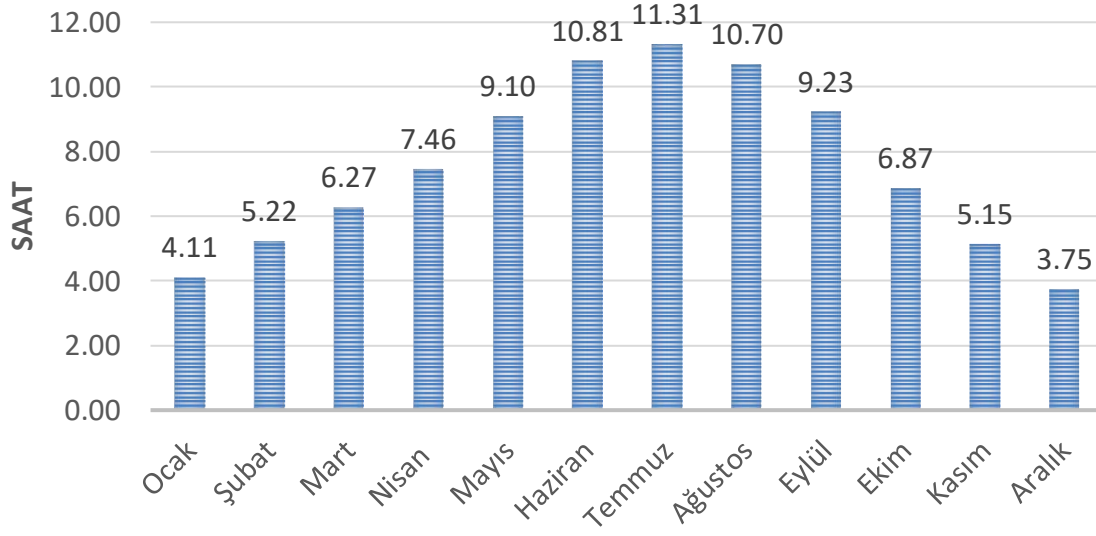
Ülke genelinde Alternatif Enerji Kaynakları'nın toplam enerji ihtiyacına oranı önemli bir göstergedir. Türkiye son 5 yılda büyük gelişim göstererek ilerlemiştir. Aşağıdaki tabloda Son 12 yılın göstergesi bulunmaktadır.

Çizelge 1.3 Türkiye’de elektrik enerjisinin toplam kurulu güç içindeki oranı (ETKB, 2022).

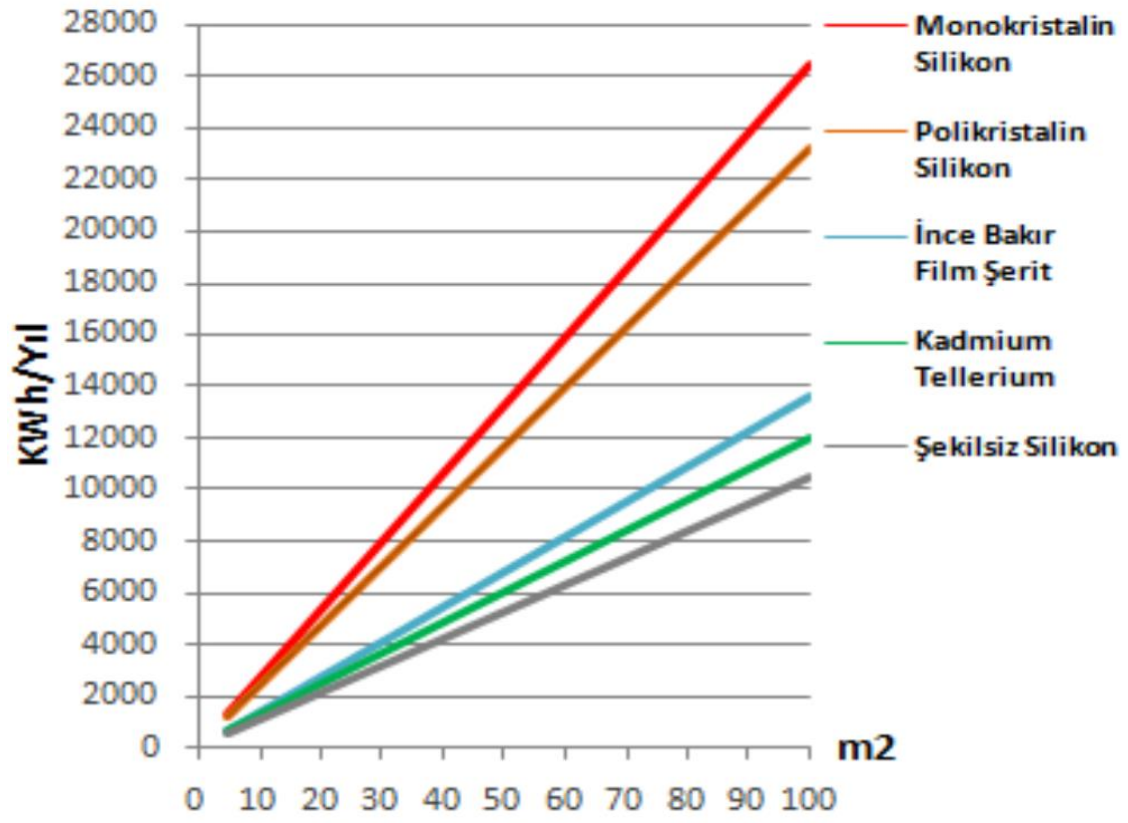


Bunların yanında bir diğer önemli veri Türkiye'nin güneşlenme süresidir. Çünkü Güneş Enerjisi Tesisi'nin ilk yatırım maliyeti yüksektir. Alınan radyasyon miktarı kadar güneşlenme süresi de tesis verimliliği için önemlidir. Güneşlenme süresi, tesisin bakım periyotları, bakım harcamaları, tesis ömrü toplam enerji miktarı gibi konularda belirgin olacaktır. Aşağıda Türkiye'nin aylık güneşlenme süreleri verilmiştir.

Çizelge 1.4 Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme süresi (GEPA, 2022)



Güneş Enerjisi ile elektrik üretmek için kullanılan panellerin beş farklı çeşidi vardır. Bunlar; Monokristalin Silikon, Polikristalin Silikon, İnce Bakır Film Şerit, Kadmium Tellerium, Şekilsiz Silikon Üretim verimliliklerinde en verimli olan tip Monokristalin Silikon tipi ile yapılan panellerdir. Şekil 1.5'te görüldüğü üzere en verimli panel Monokristalin'dir (GEPA, 2022).



Şekil 1.8 Güneş panellerinin enerji üretim kapasitesi (GEPA, 2022).

## **2. MATERİYAL METOT**

Proje Aksaray ili Eski ilçesine yapılacak olan Organize Sanayi Bölgesi’nde kullanılacak enerji ihtiyacını Yeşil Hidrojen yöntemi ile karşılamayı hedeflemiştir (Odakhaber, 2022). Alanın güneş enerjisi potansiyelinden faydalanarak hidrojen üretmeyi ve depolanmış hidrojeni istenilen alanda kullanılarak tasarruf yapmayı öngörmüştür.

Projede; kurulması planlanan tesis verileri RedScreen programından alınmıştır. Ayrıca öngörülerin kıyaslanması için konu projelendirilmiştir.

### **2.1 RetScreen Nedir?**

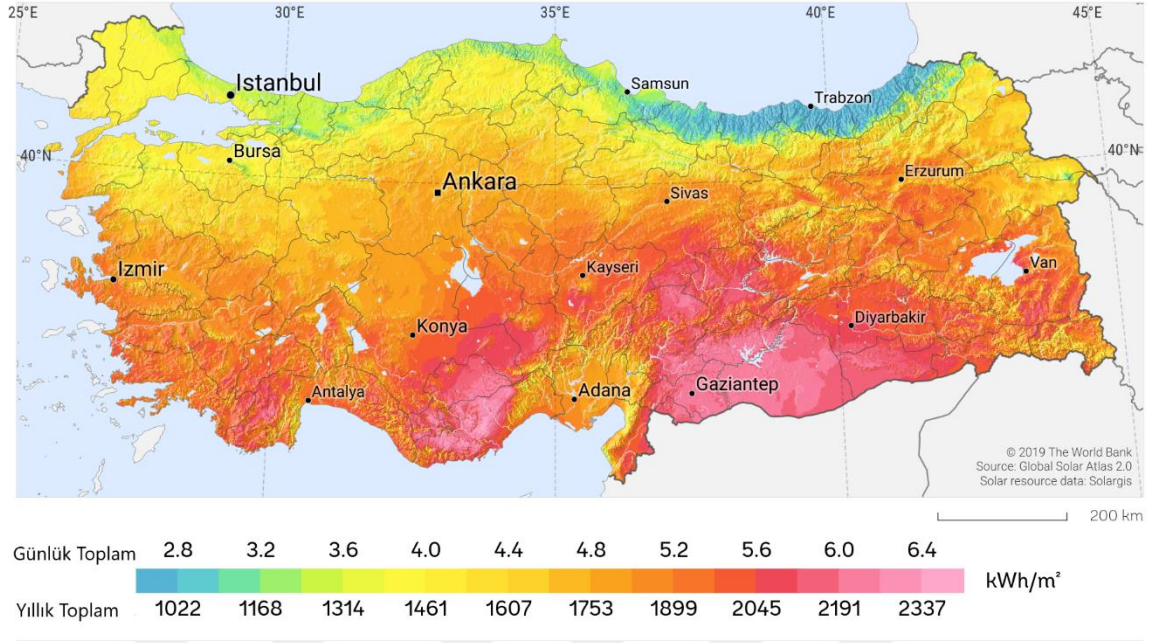
RETScreen, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve kojenerasyon projeleri fizibilite analizleri ve aynı zamanda süregelen enerji performans analizleri için Temiz Enerji Yönetim Yazılımı sistemidir.

Bu bölgede kurulması öngörülen alan ve KW cinsinden Güneş Enerjisi Tesis simülasyonunu görebiliriz. Toplam yatırım, enerji üretim miktarı ve yatırım gibi pek çok başlıkları ile birlikte detaylı inceleyeceğiz.

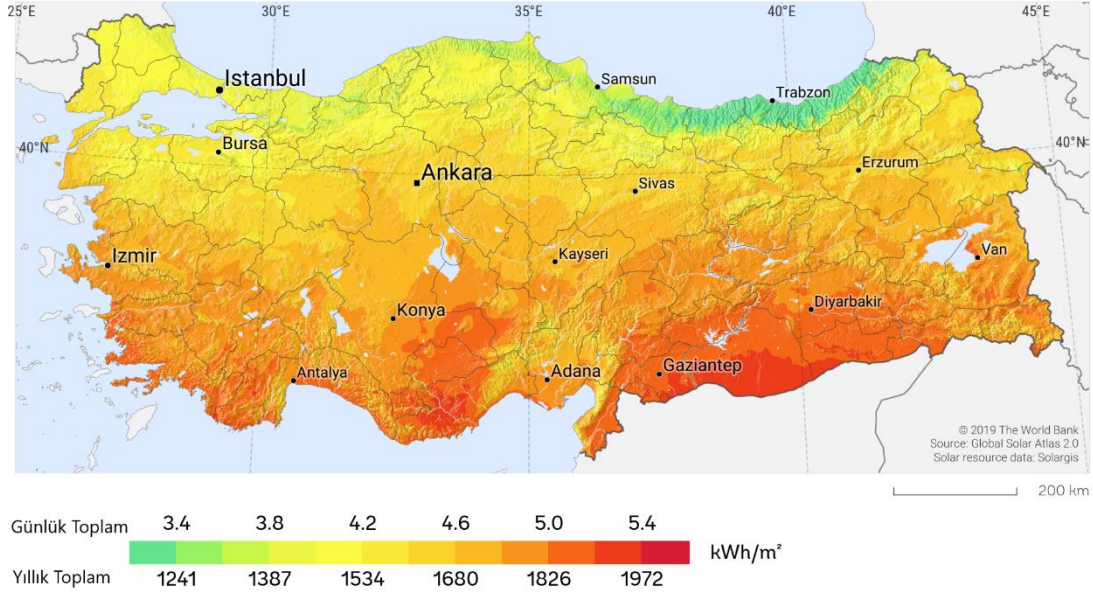
### **2.2 Bölgenin Önemi Nedir?**

Dünya için verilen Güneş Enerjisi ışı nım tablolarının Türkiye için Detayı aşağıda mevcuttur.

Türkiye Güneş Enerji Potansiyel haritası aşağıdadır.



Harita 2.1 Türkiye'nin normal ışıınım haritası (GSA, 2023).



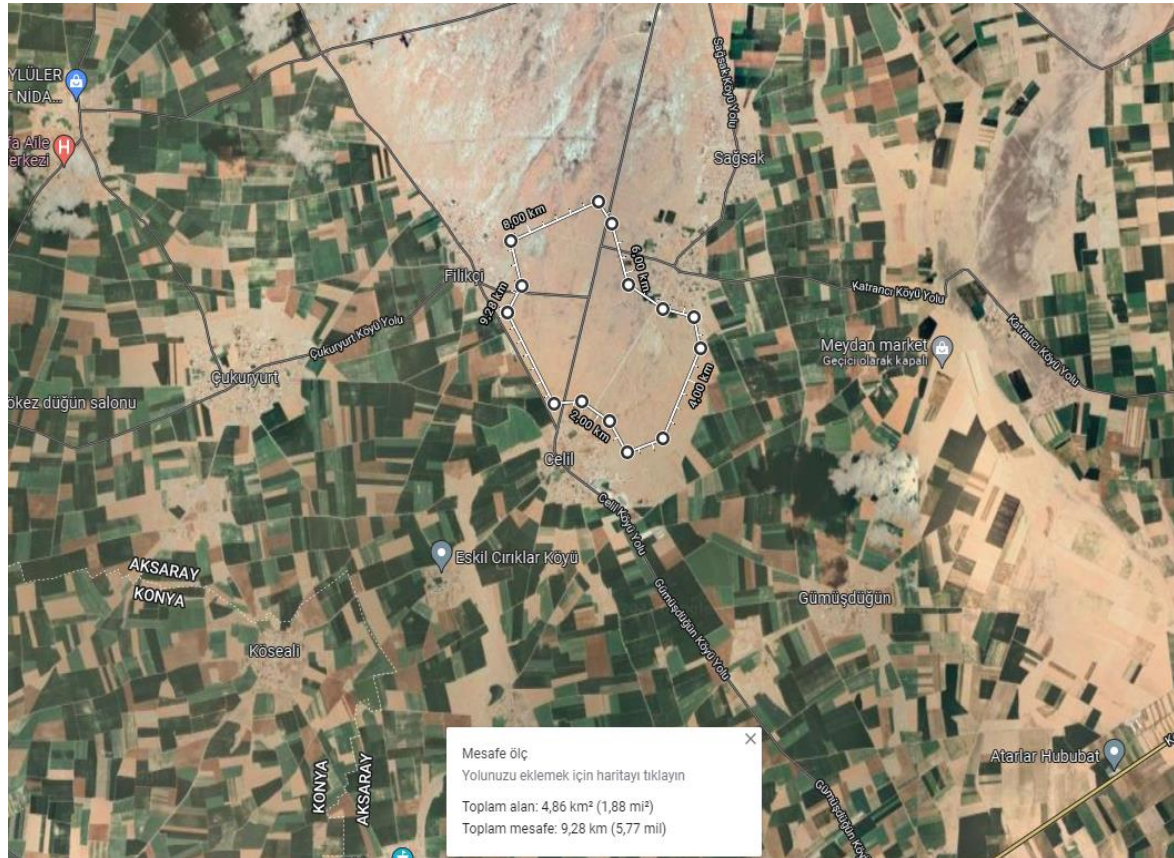
Harita 2.2 Türkiye'nin dikey ışıınım haritası (GSA, 2023).





Ayrıca GES kurulumu için alanın elverişli olması çok önemlidir. OSB kurulacak bölgenin coğrafi konumu aşağıdadır.

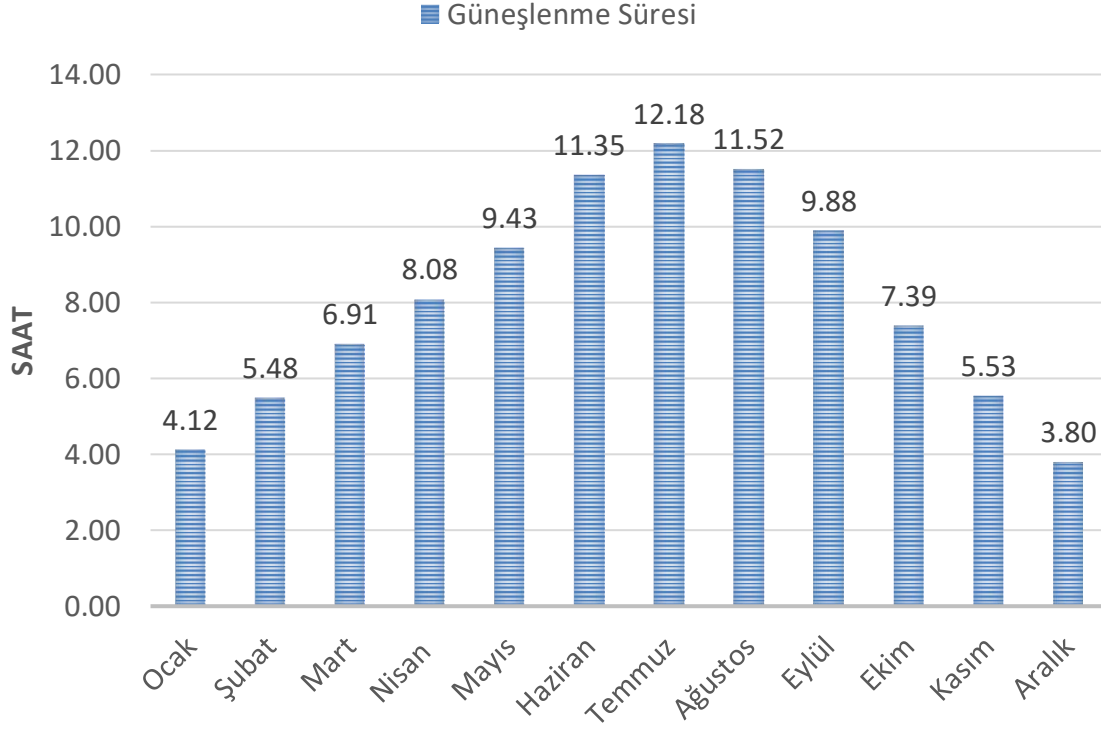
Bölgede kurulum için tarım arazisi ve verimli toprak çoktur. Ancak tesisin kulumu için gerekli şartlar OSB bölgesinin 15 km<sup>2</sup> çapından bir daire alanında mümkün kılıyor. Hem elektrik merkezine yakın olması, hem yol geçmesi hem de verimsiz toprak olma şartını sağlayan alanlar Tuz Gölü'ne yakın alanlarda mevcuttur.



Harita 2.5 OSB kurulacak alanın uydu görüntüsü (GH, 2023).

Tuz Gölü Havzası olarak bilinen bölgede RedScreen aracılığı ile alınan aylık ortalama enerji miktarı şeklindedir.

Çizelge 2.1 Eski aylık ortalama güneşlenme süresi (GEPA, 2022).



Bölgeyi sadece enerji verimliliği üzerinden değerlendirmek ise yetersiz bir inceleme olur. Güneş enerjisinden elektrik üretimi tesis ve panel kurulumundan ötürü ilk yatırımı yüksek olan bir girişimdir. Böylece maliyetler ve ilk yatırım ne kadar düşük olursa, uygun radyasyon değerleri altında tesis o kadar verimli çalışır.

Diğer bir avantaj alan ihtiyacıdır. Panel sıralamaları yapılırken zemine yapılacak sıralama farklı bir aralığa sahiptir. Çünkü hareketsiz paneller, gün ışığı panel yüzeyine açılı düştüğünde, arkaya yerleştirilen panele gölgeleme yapar. Bunu önlemek için panelin yerleştiği alan kadar bir aralık bırakarak arka arkaya dizilim yapılır. Radyasyon değeri Aksaray Eski bölgesine göre daha yüksek olan Akdeniz veya Güneydoğu Anadolu bölgelerinde arsa fiyatları yüksek olduğu için kurulum maliyeti direkt artmaktadır. Güneş Enerjisi Tesisi normalde enerjiye ihtiyaç duyulan alandan uzak ve farklı bir bölgeye de inşa edilebilir. Şebekeye elektrik basarak arsa ve kurulumun ucuz olduğu yerlerin tercihi amortisman için gerekli bir maddedir. Ancak zaten inşa edilecek olan OSB Tuz Gölü havzasında olması büyük kolaylıktır.

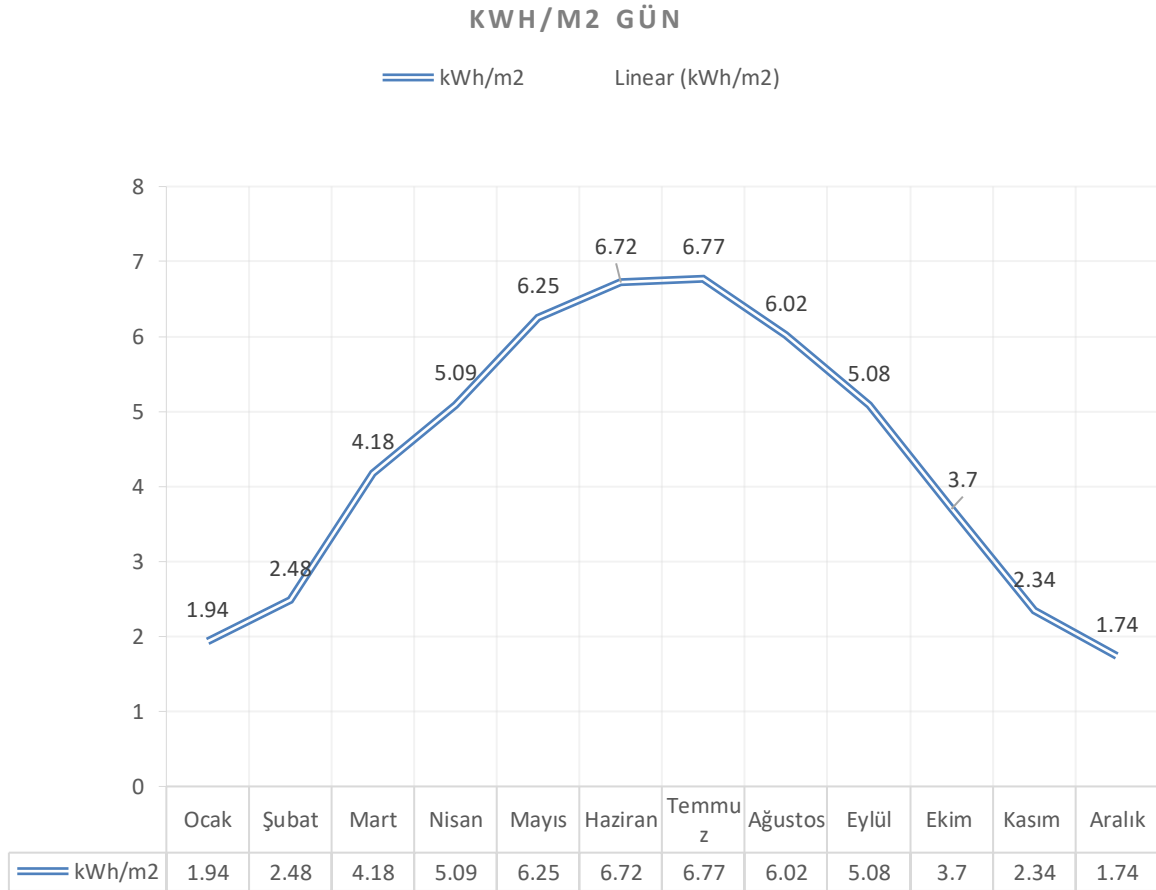
Tuz Gölü Havzası olarak adlandırılan ve Konya Aksaray arasında kalan bölgede, coğrafi olarak toprak yapısının düz olması çok önemlidir. Panel kurulumlarında 25°C'lik açı ile yerleştirilmesi ve tüm panellerin aynı açı ile ışınlamı görmesi, en yüksek verimin alındığı



yerleşim biçimidir. Bu yüzden yüksek radyasyon değerine sahip olsa bile engebeli ve dağlık bölgeleri olduğu için Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri GES yatırımı için uygun değildir.

Tüm değerlendirmeler yapıldığında coğrafi olarak alanın düzlük olması, panellerin yerleşimi ve en verimli çalışma açısı için önemlidir. Arsa fiyatlarının düşük olması ilk yatırım maliyetini düşürdüğü için bir diğer tercih sebebi olup, radyasyon değerlerinin Türkiye ortalamasının üzerine olması, Türkiye genelinde yatırımın yapılması için en uygun bölge olduğunun göstergesidir.

Çizelge 2.2 Eski aylık ortalama radyasyon değeri (GEPA, 2022).



RedScreen programından alınan Çizelge 2.3'teki detay analizde seçilen bölgenin aylık enerji değerleri verilmiştir. Bu değerler NASA uyduları tarafından alınmaktadır. Koordinat bilgisi bulunan bölgenin değerleri toplam 9 başlık altında verilmiştir. Bu başlıklar arasında önemli olanları şunlardır; Günlük Yatay Güneş Radyasyonu, Bağıl Nem, Hava Sıcaklığı, Yağış ve Yer Sıcaklığıdır.

Çizelge 2.3 Eski enerji dökümü (RedScreen, 2023).

|                           | Birim | İklim verisi yeri   | Tesisin bulunduğu yer | Kaynak        |
|---------------------------|-------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Enlem                     |       | 38,4                | 38,5                  |               |
| Boylam                    |       | 34,0                | 33,9                  |               |
| İklim bölgesi             |       | 4A - Karşık - Nemli |                       |               |
| Rakım                     | M     | 1278                | 962                   | NASA          |
| Isıtma tasarım sıcaklığı  | °C    | -4,8                |                       | NASA - Harita |
| Soğutma tasarım sıcaklığı | °C    | 26,8                |                       | NASA          |
| Yer sıcaklığı amplitüdü   | °C    | 23,0                |                       | NASA          |

| Ay            | Hava sıcaklığı<br>°C | Bağıl nem<br>% | Yağış<br>mm   | Günlük güneş<br>radyasyonu - yatay<br>kWh/M <sup>2</sup> /g | Atmosferik basınç<br>kPa | Rüzgar hızı<br>M/s | Yer sıcaklığı<br>°C | Isıtma<br>derece-gün<br>18 °C | Soğutma<br>derece-gün<br>10 °C |
|---------------|----------------------|----------------|---------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Ocak          | -0,7                 | 77,4%          | 39,37         | 2,22                                                        | 87,2                     | 3,6                | -1,5                | 580                           | 0                              |
| Şubat         | 0,2                  | 73,8%          | 33,60         | 2,98                                                        | 87,1                     | 3,9                | -0,1                | 498                           | 0                              |
| Mart          | 4,0                  | 66,8%          | 35,96         | 4,17                                                        | 87,0                     | 3,9                | 4,1                 | 434                           | 0                              |
| Nisan         | 9,4                  | 61,0%          | 43,50         | 5,04                                                        | 87,0                     | 3,6                | 9,9                 | 258                           | 0                              |
| Mayıs         | 14,3                 | 55,4%          | 41,23         | 6,07                                                        | 87,1                     | 3,1                | 15,2                | 115                           | 133                            |
| Haziran       | 18,6                 | 47,3%          | 26,70         | 7,16                                                        | 87,1                     | 3,4                | 20,0                | 0                             | 258                            |
| Temmuz        | 22,1                 | 38,5%          | 7,75          | 7,33                                                        | 87,0                     | 4,0                | 23,9                | 0                             | 375                            |
| Ağustos       | 22,3                 | 34,9%          | 4,65          | 6,48                                                        | 87,1                     | 3,8                | 24,2                | 0                             | 381                            |
| Eylül         | 18,1                 | 37,9%          | 10,50         | 5,20                                                        | 87,3                     | 3,2                | 19,4                | 0                             | 243                            |
| Ekim          | 12,2                 | 52,1%          | 32,55         | 3,62                                                        | 87,5                     | 3,2                | 12,3                | 180                           | 68                             |
| Kasım         | 5,6                  | 66,9%          | 42,60         | 2,43                                                        | 87,4                     | 3,3                | 4,8                 | 372                           | 0                              |
| Aralık        | 0,9                  | 76,4%          | 46,19         | 1,87                                                        | 87,3                     | 3,5                | -0,1                | 530                           | 0                              |
| <b>Yıllık</b> | <b>10,6</b>          | <b>57,3%</b>   | <b>364,60</b> | <b>4,56</b>                                                 | <b>87,2</b>              | <b>3,5</b>         | <b>11,1</b>         | <b>2.967</b>                  | <b>1.459</b>                   |
| <b>Kaynak</b> | NASA                 | NASA           | NASA          | NASA                                                        | NASA                     | NASA               | NASA                | NASA                          | NASA                           |
| Ölçüm yeri:   |                      |                |               |                                                             |                          | M                  | 10                  | 0                             |                                |

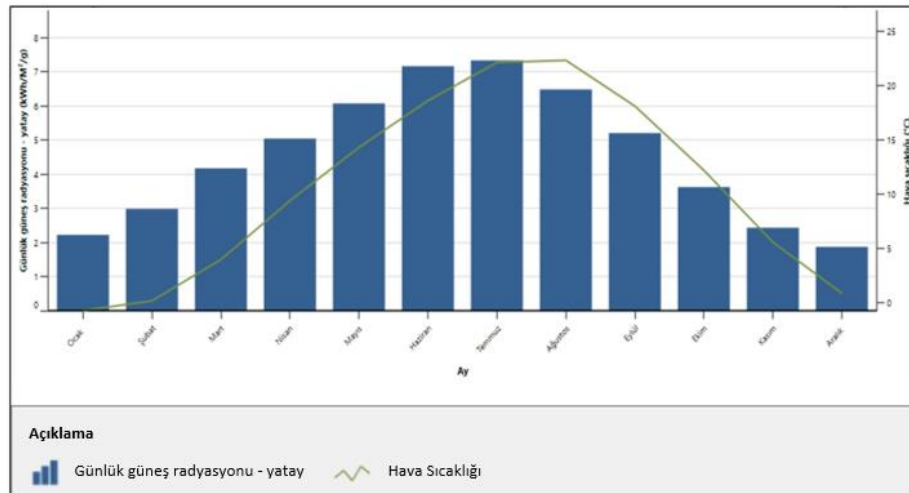
Çizelge 2.4 RedScreen’den alınan osb koordinatları ve alanın ışıınım değeri (RedScreen, 2023).

### Konum - İklim Verileri

Konum

|               | Birim | İklim verisi yeri   | Tesisin bulunduğu yer       |
|---------------|-------|---------------------|-----------------------------|
| İsim          |       | Türkiye - Aksaray   | Türkiye - Aksaray - Aksaray |
| Enlem         | °N    | 38,4                | 38,4                        |
| Boylam        | °E    | 34,0                | 34,0                        |
| İklim bölgesi |       | 4A - Karşık - Nemli | 4A - Karşık - Nemli         |
| Rakım         | M     | 1278                | 976                         |

İklim Verileri



Bölge grafiklerden görüldüğü üzere yatırım ve güneş enerjisi için uygundur.

RedScreen programından alınan verilerin gerçek bir GES ile kıyaslanabilmesi için bilinmesi gereken başlıklar vardır. Programın doğruluğunu ve verilerin güvenliğini test etmek amaçlı KTB'den alınan Aksaray Coğrafi Verileri bulunmaktadır.

Çizelge 2.5 Aksaray koordinat düzemi (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2023).

#### Coğrafi Veriler

|                             |                                          |
|-----------------------------|------------------------------------------|
| Rakım                       | 980m                                     |
| Boylam                      | 33° -35' Doğu                            |
| Enlem                       | 37°-38' Kuzey                            |
| Komşu İller                 | Nevşehir, Niğde, Konya, Kırşehir, Ankara |
| Coğrafi Bölge               | İç Anadolu Bölgesi                       |
| İl Alanı (km <sup>2</sup> ) | 7997                                     |

RedScreen ile Bakanlıktan alınan veriler birbiri ile uyumaktadır. Programın öngördüğü enlem ve boylam verileri güvenilirdir.

### 2.3 Hidrojen Depolama ve Üretimi

Projenin temelinde suyun elektroliz yöntemiyle ayrıştırılması yer alır. Elektroliz, su moleküllerini bileşenlerine ayırarak hidrojen (H) gazını elde eder. Hidrojen gazının gaz formu çok küçük olduğundan dolayı depolanması zorlu bir süreçtir. Bu nedenle, hidrojen sıvı formda depolanır ve daha sonra OSB bölgelerine taşınarak fabrikalarda ısınma amacıyla kullanılır.

Elektroliz reaksiyonları, anotta (elektrotta) gerçekleşen yükseltgenme tepkimesi ve katotta (elektrotta) gerçekleşen indirgenme tepkimesi şeklinde meydana gelir. Yükseltgenme tepkimesinde, su molekülleri oksijen (O<sub>2</sub>), dört hidrojen iyonu (H<sup>+</sup>) ve dört elektron (e<sup>-</sup>) oluşumuyla ayrışır. İndirgenme tepkimesinde ise dört su molekülü, dört elektron (e<sup>-</sup>) olarak hidrojen gazı (H<sub>2</sub>) ve dört hidroksit iyonu (OH<sup>-</sup>) oluşumuyla bileşenlerine ayrışır.

Güneş enerjisiyle elde edilen elektrik enerjisi, suyun elektrolizi için ideal olarak normal basınç ve sıcaklıkta 1,23 volt yeterlidir. Ancak, tepkimenin yavaş olmasından dolayı ve diğer

etkenlerden ötürü, elektroliz işleminde daha yüksek gerilimler tercih edilir. Hidrojen üretim hızı, gerçek akım şiddetiyle orantılı olduğundan, ekonomik nedenlerle yüksek akım yoğunlukları tercih edilir. Bu nedenle, pratikte suyun ayrıştırılması için hücre başına uygulanan gerilim genellikle 2 volt civarında kullanılır.

Kuramsal olarak, bir metreküp hidrojen üretimi için 2,8 kW saat elektrik enerjisi yeterli olmasına rağmen, pratikte kullanılan elektrik enerjisi miktarı bir metreküp hidrojen üretimi için 3,9 4,6 kW saat arasında değişir. Bu nedenle, elektroliz işleminin verimi yaklaşık olarak %70'tir. Ancak, son yıllarda yapılan çalışmalar ve ilerleyen teknoloji sayesinde %90 verimlilik elde edilmiştir. Pratikte kullanılan elektroliz hücrelerinde genellikle nikel kaplı çelik elektrotlar kullanılır.

Ayrıca, geliştirilen ileri alkalın elektroliz yöntemi, %90'a kadar verimlilik sağlayabilir. Katı polimer elektrolitik işlem ise proton iletkenliğine sahip iyon değişim elemanlarını elektrolit olarak kullanır. Bu tür elektrolizörler, yüksek akım yoğunluklarında (2 A/cm<sup>2</sup>) çalışabilir. 700 1000 santigrat derece arasında yüksek sıcaklıklı buhar elektrolizi ise oksijen iyon iletken seramiklerini elektrolit olarak kullanır.

Aşağıda, elektroliz reaksiyonu kimyasal olarak ifade edilmiştir:

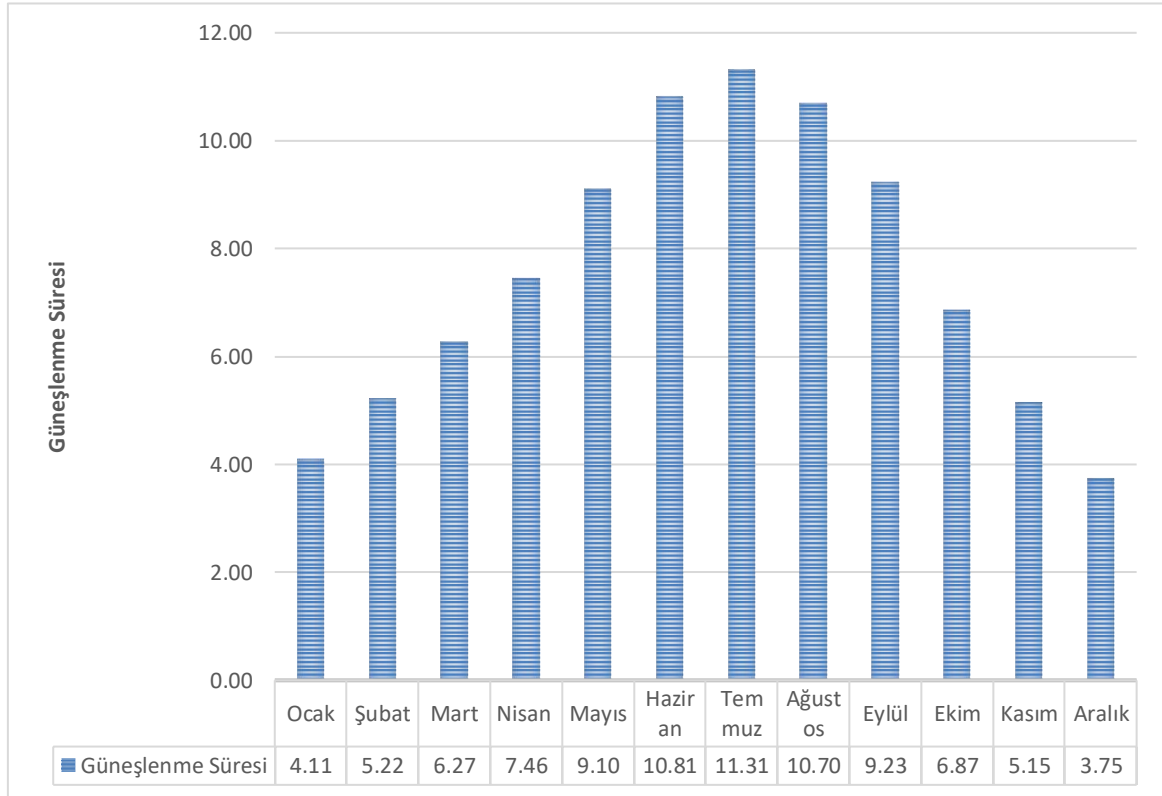
Katot Reaksiyonu:  $2H_2O (sıvı) + 2H_2 (gaz) + 2OH (sulu)$

Anot Reaksiyonu:  $2OH (sulu) \rightarrow O_2 (gaz) + H_2O (sıvı)$

Toplam Hücre Reaksiyonu:  $H_2O (sıvı) \rightarrow H_2 (gaz) + O_2 (gaz)$

Sistem genelinde bakıldığında toplam hidrojen üretim miktarına bakılmalıdır. Güneş Enerjisi tesisinde gelen elektrik enerjisine göre aylık ortalama enerji üretimi aşağıdadır.

Çizelge 2.6 Simüle edilen güneş enerjisi tesisin aylık net elektrik üretimi (ETKB, 2022).



Güneş Enerjisi Tesisleri'nin ürettiği elektrikten ne kadar hidrojen elde edeceğimiz ise diğer başlıktır. Tesis aylık ortalama 1,546 GW elektrik üretmektedir. Aylık ortalama üretilen elektrik enerjisine göre 44.5 ton hidrojen üretilebilir [atıf]

Hidrojen üretimi sonrasında depolama en önemli başlıktır. Çünkü hidrojenin kimyasal özelliklerinden dolayı depolanması zordur. Hem sızdırmazlık hem de gaz veya sıvı halde depolanması tesis için önemli bir karardır. Bu tezin farklı bir şekilde konuyu ele alması depolama içinde yenikliktedir.

Tuz Gölü havzasına kurulması planlanan Güneş Enerjisi Tesisleri'nin ürettiği hidrojen için depolama maliyeti çok azdır. Çünkü yine Tuz Gölü altında hâlihazırda bulunan doğalgaz depolama tesisi hidrojen depolamak için mümkün ve elverişlidir. Mevcut Tuz Gölü Doğalgaz Depolama Tesisleri 2021 yılında tamamlanan 1. Etap bölgesiyle toplam 1 milyar  $\text{Sm}^3$  depolama kapasitesine ve 0 milyon  $\text{Sm}^3$  günlük geri üretim kapasitesine ulaşmıştır.

Organize Sanayi Bölgesi Aksaray Eski ilçesinde, tam konum olarak; Filikçi Katrancı Celil köyleri ortasına kurulacaktır.

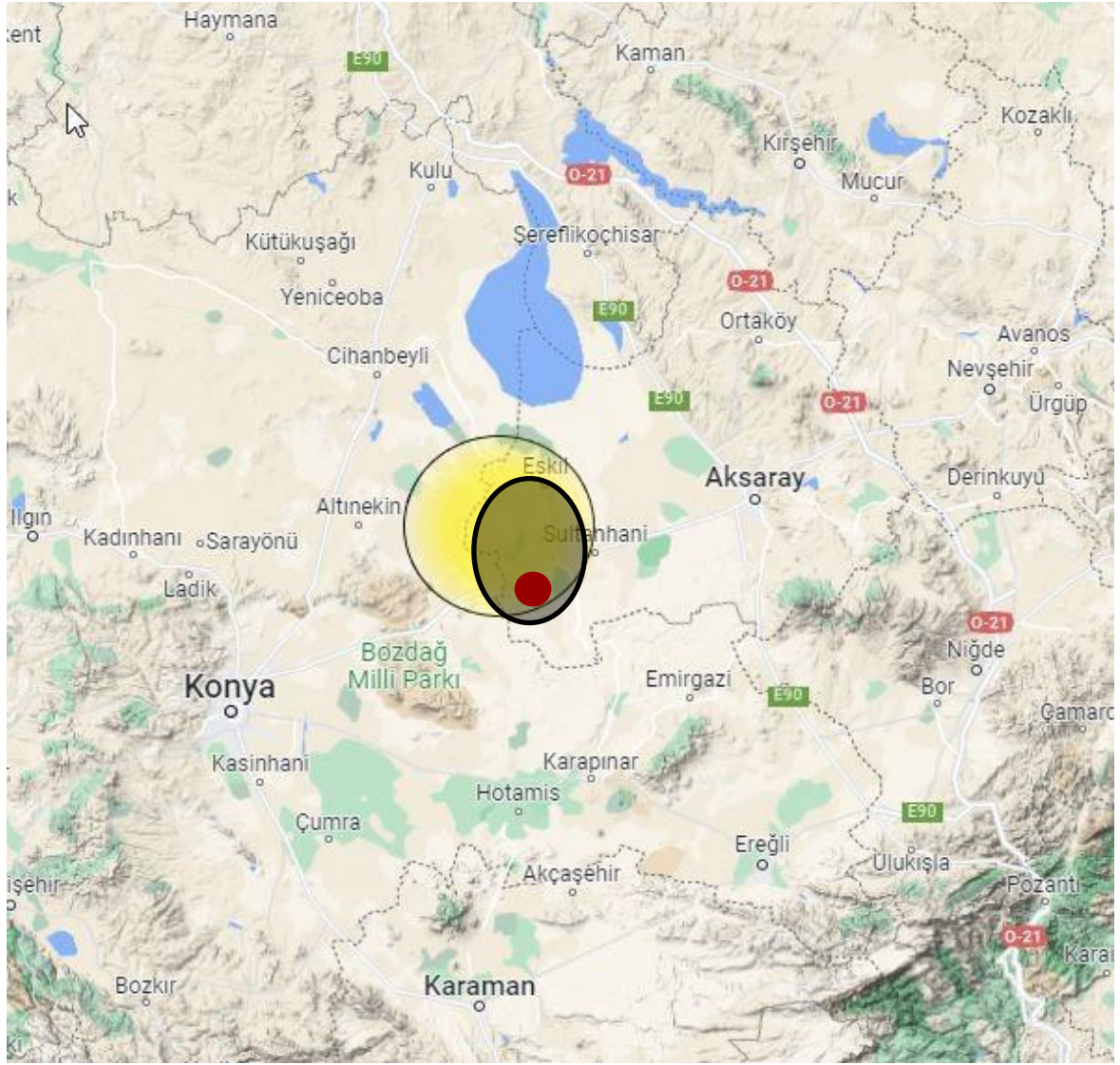


Harita 2.6 Güneş enerjisi tesisi kurulabilir müsait alan (GH, 2023)

Alan arazi olarak incelendiğinde ise 10MW kurulu güç için kurulum zemini ve tesis için yeterli enerjiyi aldığını görebiliriz.

Genel alana bakıldığında sarı ile işaretli alan GES ve OSB alanlarının verimli olabilmesi için belirtilen yakınlık sınırıdır. GES için yapılan kıyaslama çalışmalarında kırmızı bölgenin OSB ve bu bölgeye en fazla verimi sağlayabilecek GES sisteminin siyah ile işaretli alan olduğu belirlenmiştir.





Harita 2.7 Planlanan GES ve OSB bölgeleri (GH, 2023)

Kurulacak GES sistemi için RedScreen bölge verileri gösterilmektedir.

Çizelge 2.7 Aksaray coğrafi konumu (PVsyst, 2022).

|               | Birim | İklim verisi yeri    | Tesisin bulunduğu yer       |
|---------------|-------|----------------------|-----------------------------|
| İsim          |       | Türkiye - Aksaray    | Türkiye - Aksaray - Aksaray |
| Enlem         | 'N    | 38,4                 | 38,4                        |
| Boylam        | 'E    | 34,0                 | 34,0                        |
| İklim bölgesi |       | 4A - Karışık - Nemli | 4A - Karışık - Nemli        |
| Rakım         | M     | 1278                 | 976                         |

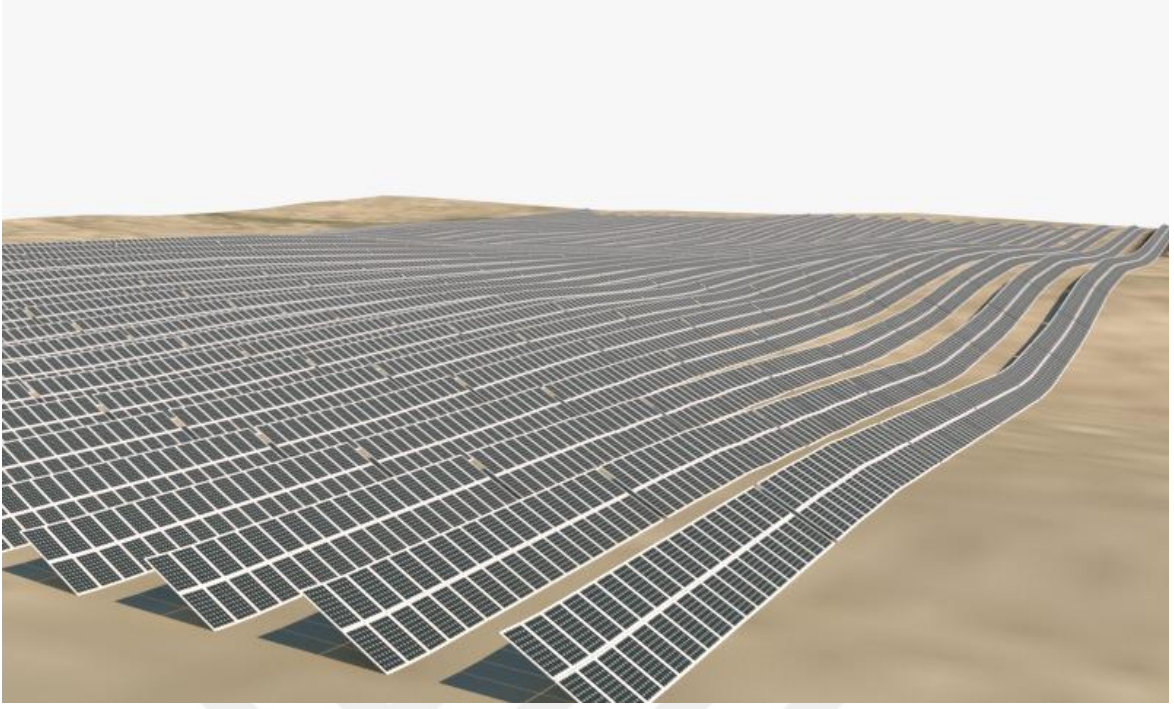
Bir diğer kullandığımız analiz programı PVsyst lokasyon bilgileri Çizelge 2.7’de verilmiştir. Verilen konum bilgileri KTB ve RedScreen üzerindeki ile örtüşmektedir.



Resim 2.1 Yapılması planlanan GES’in simüle görüntüsü (a) (PVsyst, 2022).

Diğer bir avantaj alan ihtiyacıdır. Panel sıralamaları yapılırken zemine yapılacak sıralama farklı bir aralığa sahiptir. Çünkü hareketsiz paneller, gün ışığı panel yüzeyine açılı düştüğünde, arkaya yerleştirilen panele gölgeleme yapar. Bunu önlemek için panelin yerleştiği alan kadar bir aralık bırakarak arka arkaya dizilim yapılır.





Resim 2.2 Yapılması planlanan GES'in simüle görüntüsü (b) (PVsyst, 2022).

Radyasyon değeri Aksaray Eski bölgesine göre daha yüksek olan Akdeniz veya Güneydoğu Anadolu bölgelerinde arsa fiyatları yüksek olduğu için kurulum maliyeti direkt artmaktadır. Güneş Enerjisi Tesisi normalde enerjiye ihtiyaç duyulan alandan uzak ve farklı bir bölgeye de inşa edilebilir. Şebekeye elektrik basarak arsa ve kurulumun ucuz olduğu yerlerin tercihi amortisman için gerekli bir maddedir. Ancak zaten inşa edilecek olan OSB Tuz Gölü havzasında olması büyük kolaylıktır.

Tuz Gölü Havzası olarak adlandırılan ve Konya Aksaray arasında kalan bölgede, coğrafi olarak toprak yapısının düz olması çok önemlidir. Panel kurulumlarında 25°C'lik açı ile yerleştirilmesi ve tüm panellerin aynı açı ile ışınlı görmesi, en yüksek verimin alındığı yerleşim biçimidir. Bu yüzden yüksek radyasyon değerine sahip olsa bile engebeli ve dağlık bölgeleri olduğu için Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri GES yatırımı için uygun değildir. Bu nedenle Türkiye'nin en büyük kurulu gücü Tuz Gölü Havzası'ndadır (İstanbul Ticaret Gazetesi, 2021)

### 3. ÇIKTILAR VE TARTIŞMA

RedScreen programında yapılan tesisin güvenilirliği için PVsyst simülasyonu ile bir tesis daha inşa edilmiştir.

Çizelge 3.1 Genel parametreler (PVsyst, 2022).

| Genel Parametreler                                                                                                                                                         |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--|--------------------|------|--------------|--|--------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--|--------------|-------|----------|--|---------------|--------|--------------------|--------|-------------------|--------|---------------------|--|-----------------|--|
| Şebeke Bağlantılı Sistem                                                                                                                                                   | Panel Sistemi       |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| <table><tr><th colspan="2">PV Alan Yönü</th></tr><tr><td>Yön</td><td></td></tr><tr><td>Sabit Düzlem</td><td></td></tr><tr><td>Azimut Açısı</td><td>25/0°</td></tr></table> | PV Alan Yönü        |  | Yön                |      | Sabit Düzlem |  | Azimut Açısı | 25/0° | <table><tr><th colspan="2">Panel Konumları</th></tr><tr><td>Panel Sayısı</td><td>18180</td></tr><tr><th colspan="2">Boyutlar</th></tr><tr><td>Panel Aralığı</td><td>5.76 m</td></tr><tr><td>Kolektör Genişliği</td><td>2.28 m</td></tr><tr><td>Panel Zemin Açısı</td><td>%39.60</td></tr><tr><th colspan="2">Gölgeleme Yakınlığı</th></tr><tr><td>Liner Gölgeleme</td><td></td></tr></table> | Panel Konumları |  | Panel Sayısı | 18180 | Boyutlar |  | Panel Aralığı | 5.76 m | Kolektör Genişliği | 2.28 m | Panel Zemin Açısı | %39.60 | Gölgeleme Yakınlığı |  | Liner Gölgeleme |  |
| PV Alan Yönü                                                                                                                                                               |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Yön                                                                                                                                                                        |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Sabit Düzlem                                                                                                                                                               |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Azimut Açısı                                                                                                                                                               | 25/0°               |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Panel Konumları                                                                                                                                                            |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Panel Sayısı                                                                                                                                                               | 18180               |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Boyutlar                                                                                                                                                                   |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Panel Aralığı                                                                                                                                                              | 5.76 m              |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Kolektör Genişliği                                                                                                                                                         | 2.28 m              |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Panel Zemin Açısı                                                                                                                                                          | %39.60              |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Gölgeleme Yakınlığı                                                                                                                                                        |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Liner Gölgeleme                                                                                                                                                            |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Model Kullanımı                                                                                                                                                            |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Aktarım                                                                                                                                                                    | Perez               |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Dağılım                                                                                                                                                                    | Perez, Meteorolojik |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Güneş Çevresi                                                                                                                                                              | Ayrılmış            |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Kullanıcı İhtiyacı                                                                                                                                                         |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Sınırlı Yükleme                                                                                                                                                            |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| <table><tr><th colspan="2">Görüş</th></tr><tr><td>Ortalama Yükseklik</td><td>1.8°</td></tr></table>                                                                        | Görüş               |  | Ortalama Yükseklik | 1.8° |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Görüş                                                                                                                                                                      |                     |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |
| Ortalama Yükseklik                                                                                                                                                         | 1.8°                |  |                    |      |              |  |              |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |  |              |       |          |  |               |        |                    |        |                   |        |                     |  |                 |  |

Tabloda tesisin genel parametrelerini görmekteyiz. Panellerin azimut açısı 25° olarak verilmiştir. Azimut açıcı Güneş istikametinin panele göre ufuktaki kuzey veya güneye göre açısal farkıdır. Panel boyutları ve adetleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 PV dizilim özellikleri (PVsyst, 2022).

| PV Dizilim Özellikleri    |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| PV Modül                  | İnvertör                 |
| Üretici                   | Üretici Modeli           |
| Model                     |                          |
| Özel Tanımlı Parametreler |                          |
| Ünite Gücü                | Ünite Gücü               |
| Toplam Panel Sayısı       | İnvertör Sayısı          |
| Nominal (STC)             | Toplam Güç               |
| Modüller                  | Çalışma Gerilimi         |
|                           | En Yüksek Güç (==>33 0C) |
|                           | Pnom Oranı (DC:AC)       |
| Çalışma Şartları          |                          |
| p <sub>mpp</sub>          |                          |
| U <sub>mpp</sub>          |                          |
| I <sub>mpp</sub>          |                          |
| Toplam PV Gücü            | Toplam İnvertör Gücü     |
| Nominal (STC)             | Toplam Güç               |
| Toplam                    | İnvertör Sayısı          |
| Modül Alanı               | Pnom Oranı               |
| Panel Alanı               |                          |

Tesis üzerinde elektrik üretimini yapacak olan ekipman güneş panelidir. Dolayısıyla güneş panelinin seçilmesi ve özellikleri çok önemlidir. Daha önce monokristal olan panellerin daha iyi olduklarını belirtmiştik. Seçilen Elin model panel monokristaldir. Öngörülen enerji değerleri için hesaplanan panel adeti 18180 tanedir. Her bir panel 550wp değerindedir.

Üretilen enerjinin çevrimi için Huawei model Konvertör kullanılmıştır. Toplam 80 adet hesaplanan bu ekipmanın tanesi 100kWac değerindedir.

Panelleri için hesaplanan alan 43222m<sup>2</sup> olarak görülmektedir. Arazi konumu olduğu için öngörülen alan 1.5 ile 1.8 katı arasındadır. Yani paneller tesise, gölgelemeyi önlemek amacıyla dengeli aralıklarla yerleştirildiğinde gerekli alan 64.800 ile 77.777 m<sup>2</sup> arasındadır.

Çizelge 3.3 Panel dizilim kayıpları (PVsyst, 2022).

### Dizilim Kayıpları

| Dizi Kirlenme Kayıpları |    |
|-------------------------|----|
| Kayıp Oranı             | %3 |

| Modül Kalite Kaybı |       |
|--------------------|-------|
| Kayıp Oranı        | %0,02 |

| KEY Kayıp Oranı                 |      |
|---------------------------------|------|
| ASHREA Param: KEY=1-bo(1/cos-1) |      |
| bo Param.                       | 0,05 |

| Termal Kayıp Faktörler         |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| Işınımına Göre Modül Sıcaklığı |                            |
| Us (İnşaat)                    | 20.0 W/m <sup>2</sup> K    |
| Uv (Rüzgar)                    | 0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s |

| Modül Uyumsuzluğu Kayıpları |          |
|-----------------------------|----------|
| Kayıp Oranı                 | %2.0 MPP |

| DC Kablolama Kayıpları |          |
|------------------------|----------|
| Küresel Dizi Sonucu    | 0.84 mΩ  |
| Kayıp Oranı            | %1.5 STC |

| Sıralama Uyumsuzluk Kayıpları |       |
|-------------------------------|-------|
| Kayıp Oranı                   | %0,01 |

Panel kayıpları ile alakalı en önemli detay, kullanımından sonra yıllık verimlilik kaybıdır. Her yıl yüzde 3 kayıp hesaplanmıştır.

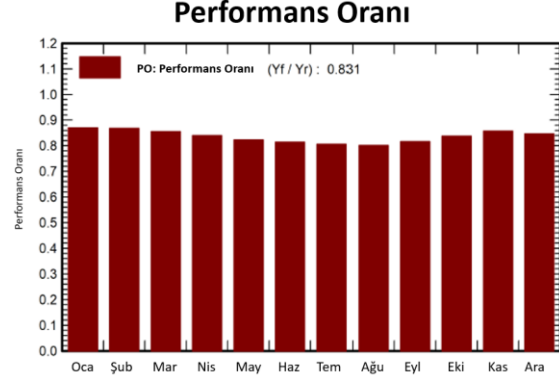
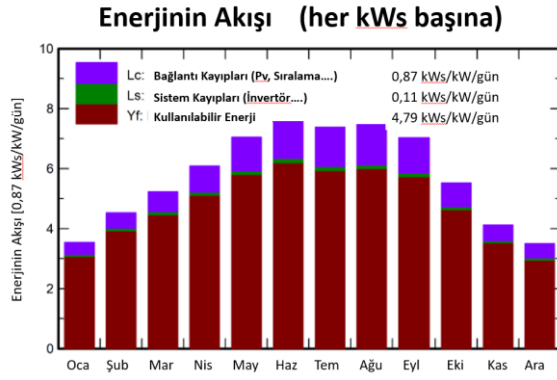
Çizelge 3.4 Kablo kayıpları (PVsyst, 2022).

### Kablolama Kayıpları

| Basma Noktasına Kadar İnvertör Çıkış Hattı |             |
|--------------------------------------------|-------------|
| İnvertör Voltajı                           | 400 Vac tri |
| Kayıp Oranı                                | %0.45 STC   |

| İnvertör: SUN2000-100KTL-MI400Vac |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Kablolama (80inv.)                | Cooper 80x3x95mm <sup>2</sup> |
| Ortalama Kablo Uzunluğu           | 30m                           |

Kablolama kayıpları, iletkenin uzunluğu ve kablo tercihidenden dolayıdır. kablolamadan dolayı verilen kayıplar görülmektedir.



Şekil 3.1 kW/s başına düşen üretim

Şekil Eş. 3.1 Performans oranı (RedScreen, 2023).

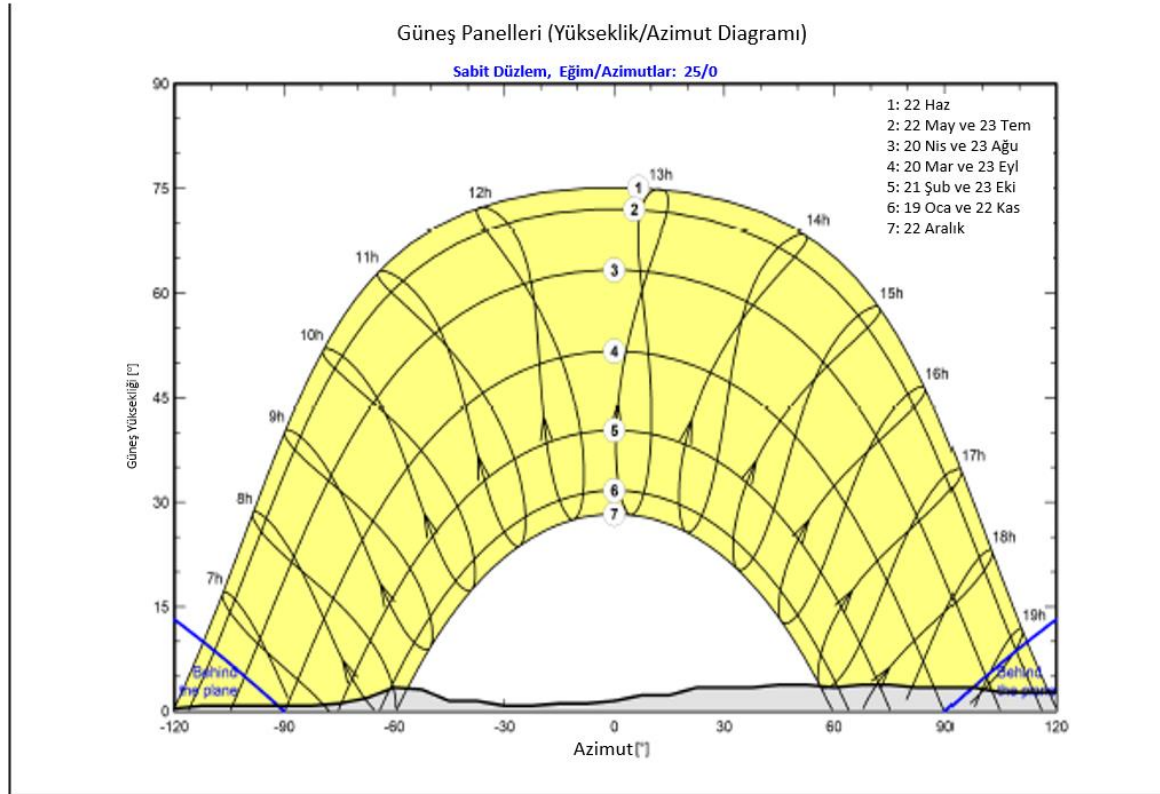
Güneş enerjisi tesisinde üretilen enerjinin kayıpları Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Sistem kayıpları yeşil, panel kayıpları mor ve konvektörden basılan net enerji bordo rengi ile ayrılmıştır. Aylık olarak alınan değerlendirmede özellikle panel gölgeleme vb. kayıplar dikkat çekmektedir. Bu kayıplara rağmen Şekil Eş. 3.1’de görünen performans oranları yüksektir. Yıllık ortalama %83 verimle çalışan tesisin verimli olduğunun göstergesidir.

### Ufuk Tanımlaması

|                                |      |                                                   |   |
|--------------------------------|------|---------------------------------------------------|---|
| Ufuk için PVGIS sitesinden API |      | Enlem=38 0 15" 28',Boylam=33 0 55" 12', Alt=1011m |   |
| Ortalama Yükseklik             | 1.8° | Yansım Etkisi                                     | 1 |
| Yerleşim Faktörü               | 1    | Yansım Faktörü                                    | 1 |

### Ufuk Profilleri

|               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Azımut [°]    | -180 | -173 | -165 | -158 | -150 | -143 | -135 | -128 | -120 | -113 | -83 | -75 | -68 | -60 |
| Yükseklik [°] | 0,4  | 0,4  | 1,1  | 0,4  | 0,8  | 0,4  | 0,4  | 0,8  | 0,4  | 0,8  | 0,8 | 1,1 | 1,9 | 3,4 |
| Azımut [°]    | -53  | -45  | -38  | -30  | -23  | -15  | -8   | 0    | 8    | 15   | 23  | 38  | 45  | 53  |
| Yükseklik [°] | 3    | 2    | 1,5  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 1,1  | 1,5  | 2,3  | 2,3  | 3,4 | 3,4 | 3,4 | 3,8 |
| Azımut [°]    | 60   | 68   | 75   | 83   | 98   | 105  | 120  | 128  | 135  | 143  | 158 | 165 | 173 | 180 |
| Yükseklik [°] | 3,4  | 3,8  | 3,8  | 3,4  | 3,4  | 2,7  | 2,7  | 2,3  | 2,3  | 1,1  | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,4 |



Şekil 3.2 Panele düşen yıllık radyasyon grafiği (PVsyst, 2022).

Panellerin 25° eğimle yerleştirildiğinde yıllık radyasyon grafiği Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Simülasyonun bölgenin yıllık değerlerini çıkarırken güneşin doğuş ve batış saatleri de otomatik olarak değerlendirilir. Böylece her bir panel için yılın her günü saat 11:00 ile 14:00 arası en çok enerjinin üretildiği zaman dilimidir. Güneşten saatlik alınan radyasyon değerlerine göre 7 değer dikkat çekicidir. En yüksek enerji değeri 22 Haziran ve en düşük enerji değeri 22 Aralık’tır.

Güneş enerjisi tesisi ile alakalı olarak, elektrik üretim değerleri, verimlilik ve hava değerlerinin tümü Çizelge 3.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Simülasyon aylık veri değerlendirmesi (PVsyst, 2022).

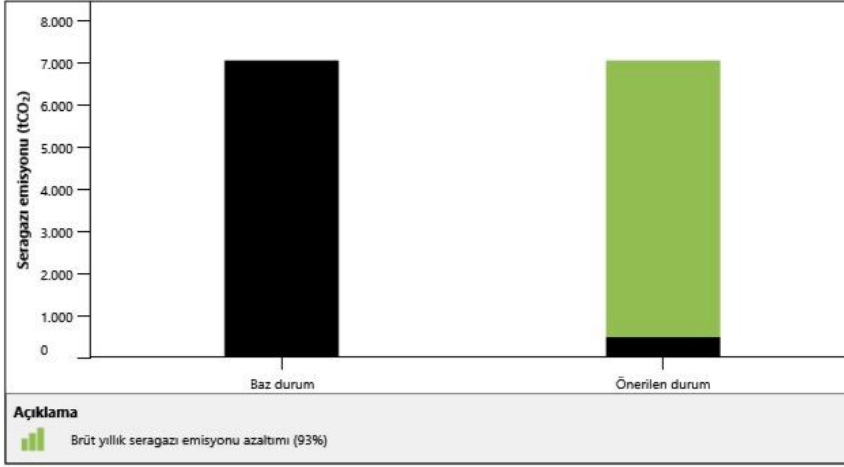
### PV Sistem Aylık Detay Değerlendirmesi

|         | KYI<br>kWh/m <sup>2</sup> | YYI<br>kWh/m <sup>2</sup> | O.Sic<br>°C | YDAM<br>kWh/m <sup>2</sup> | KKSV<br>kWh/m <sup>2</sup> | E.Ver.<br>GWh | S.Bas.E.<br>GWh | PO<br>% |
|---------|---------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------------|-----------------|---------|
| Ocak    | 72,3                      | 28,39                     | 0,41        | 109,7                      | 100,4                      | 0,976         | 0,955           | 0,87    |
| Şubat   | 91,7                      | 35,24                     | 2,58        | 126,7                      | 117                        | 1,125         | 1,100           | 0,86    |
| Mart    | 134,9                     | 54,71                     | 7,46        | 161,9                      | 150,8                      | 1,416         | 1,385           | 0,85    |
| Nisan   | 169,5                     | 64,74                     | 11,93       | 182,5                      | 169,06                     | 1,568         | 1,534           | 0,84    |
| Mayıs   | 219,4                     | 61,41                     | 16,81       | 218,6                      | 203,1                      | 1,840         | 1,800           | 0,82    |
| Haziran | 238,5                     | 61,14                     | 21,22       | 228,6                      | 212,8                      | 1,903         | 1,862           | 0,81    |
| Temmuz  | 234,6                     | 63,79                     | 24,92       | 228,8                      | 213,1                      | 1,883         | 1,843           | 0,8     |
| Ağustos | 220,2                     | 53,04                     | 25,11       | 232,3                      | 217                        | 1,902         | 1,861           | 0,8     |
| Eylül   | 177,8                     | 43,26                     | 20,02       | 210,8                      | 197,3                      | 1,759         | 1,821           | 0,81    |
| Ekim    | 127,5                     | 36,59                     | 14,21       | 171,2                      | 159,4                      | 1,467         | 1,435           | 0,83    |
| Kasım   | 81,7                      | 27,93                     | 7,3         | 123,6                      | 113,6                      | 1,802         | 1,059           | 0,85    |
| Aralık  | 67                        | 24,04                     | 2,31        | 108,3                      | 97                         | 0,938         | 0,917           | 0,84    |
| YILLIK  | 1835,1                    | 554,29                    | 12,92       | 2013                       | 1951,2                     | 17,858        | 17,472          | 0,83    |

| Kısaltma Tanımları |                                  |                  |                                |
|--------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------|
| KYI (GlobHor)      | Küresel Yatay Işınım             | E.Ver. (Earray)  | Çıkışta Alınan Enerji Miktarı  |
| YYI (DiffHor)      | Yatay Yaygın Işınılama           | S.Bas.E. (EGrid) | Sisteme Basılan Enerji Miktarı |
| O.Sic (T.Abm)      | Ortam Sıcaklığı                  | PO               | Performans Oranı               |
| YDAM (GlobInc)     | Yataydan Diziye Aktarım Miktarı  |                  |                                |
| KKSV (GlobEff)     | Küresel Kayıp Sonrası Verimlilik |                  |                                |

## Seragazi emisyonu

Seragazi emisyonu



Seragazi eşdeğeri



| Seragazi emisyonu                             |                |                        |
|-----------------------------------------------|----------------|------------------------|
| Baz durum                                     | 7.069,6        | tCO <sub>2</sub>       |
| Önerilen durum                                | 494,9          | tCO <sub>2</sub>       |
| <b>Brüt yıllık seragazi emisyonu azaltımı</b> | <b>6.574,8</b> | <b>tCO<sub>2</sub></b> |

Şekil 3.3 Yıllık emisyon değeri (RedScreen, 2023).

Güneş enerjisi tesisi ile önlenen toplam CO<sub>2</sub> emisyonu ve miktarı Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Yıllık 6,568 tCO<sub>2</sub> emisyon önüne geçilmiştir.

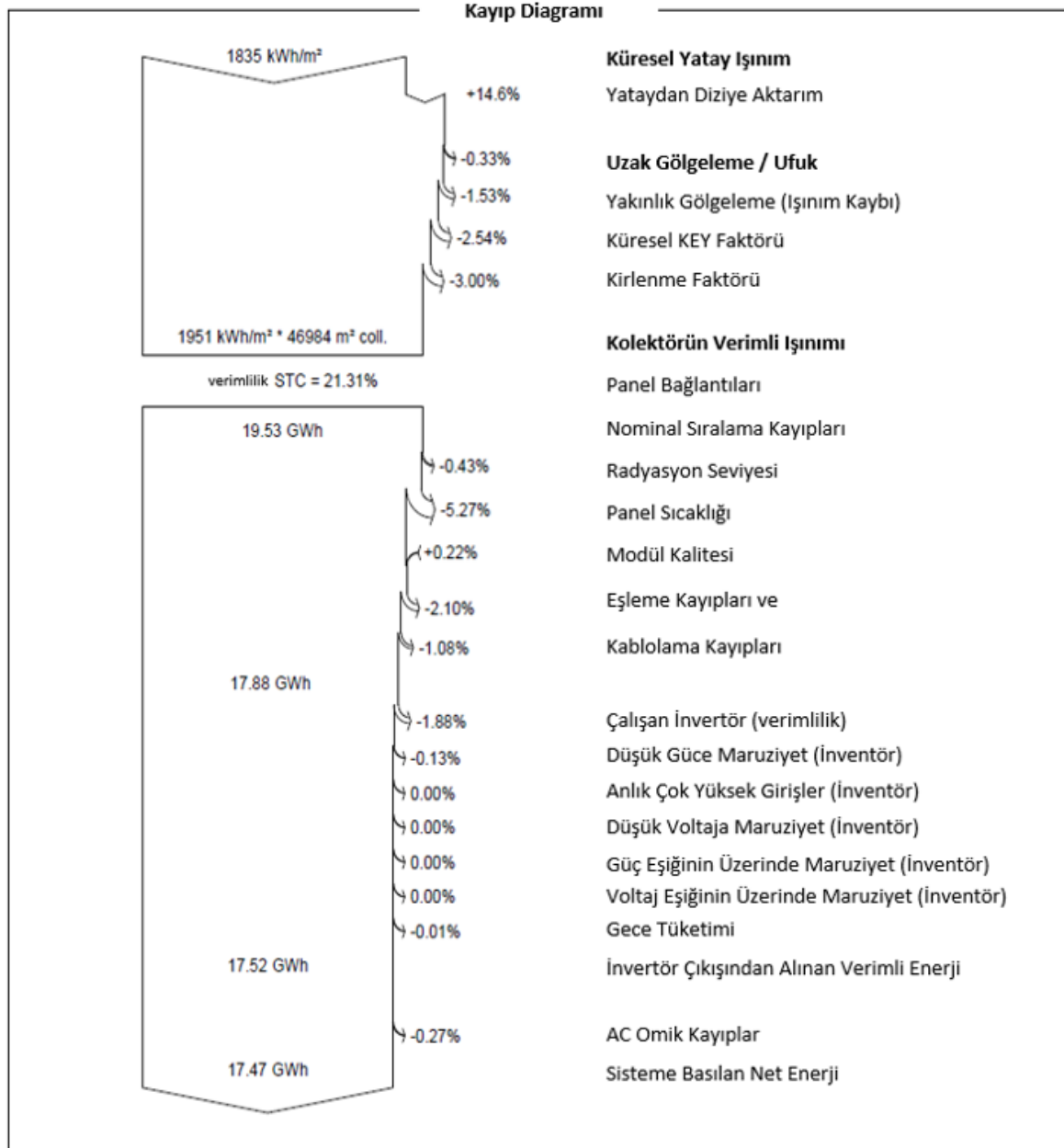


Şekil 3.4 Yıllık emisyon kazanımına eşdeğer varil petrol ve benzin miktarı (RedScreen, 2023).



Analize göre Güneş enerjisi tesisi yapıldıktan sonra Yeşil Hidrojen üretiminden dolayı azalan “Karbon Ayak İzi” için eşdeğer yakıt miktarları verilmiştir. (Şekil 3.4)

Tesis güneşten enerji elde ederek yıllık 15.290 adet varil petrol veya 2.824.989 litre benzine eş değerdir.



Şekil 3.5 Tesis kayıp diyagramı (PVsyst, 2022).

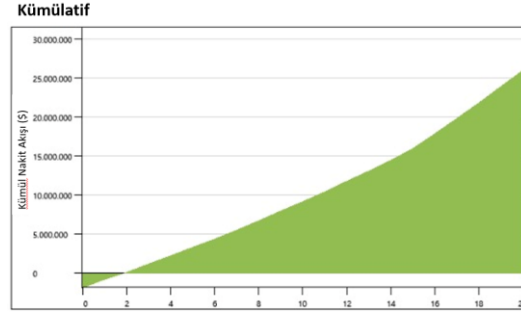
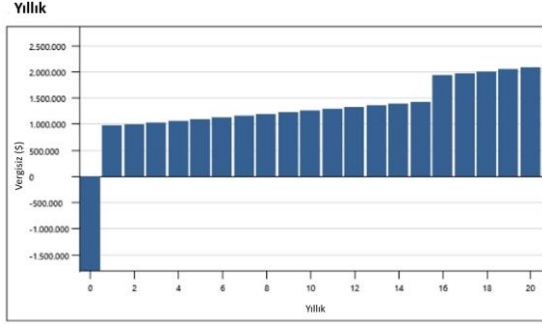
Kayıp diyagramı ile tüm detayları görebiliriz. Şekil 3.5’te tüm kayıplar ile yıllık enerji dağılımını görebiliriz. Güneşten alınan enerji ile yılda 19.53 GWh elektrik enerjisi üretebiliyoruz. Sistem kayıplarını düşüğümüzde yıllık aktarılan net enerji miktarı 17.47 GWh’tır.

Çizelge 3.6 Ana sonuçlar (PVsyst, 2022).

## Ana Sonuçlar

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>Sistem Üretimi</b> |           |
| Üretilen Enerji       | 17GWh/Yıl |

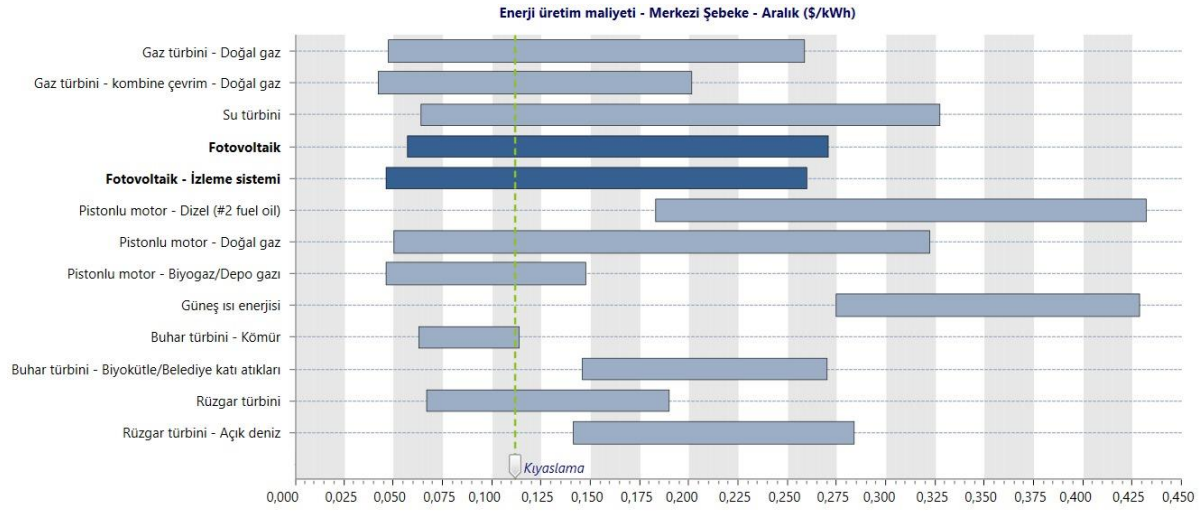
|                  |                  |
|------------------|------------------|
| Üretim Detayı    | 1747 kWh/kWp/Yıl |
| Performans Oranı | 83,09%           |



Şekil 3.6 Yıllık nakit akış grafiği

Şekil Eş 3.6 Kümülatif yıllık nakit akış grafiği (RedScreen, 2023).

Yapılan yatırımın başta ilk maliyetler ve bakımlar dahil edildiğinde yıllık nakit akışı yıllık ne kadar net gelir getireceğiniz görebiliriz. Şekil –3.6’da her yıl net getiri ve Şekil Eş. 3.6’da toplam getiri bulunmaktadır. Tesis 20 yıllık çalışma planına göre hesaplanmıştır.

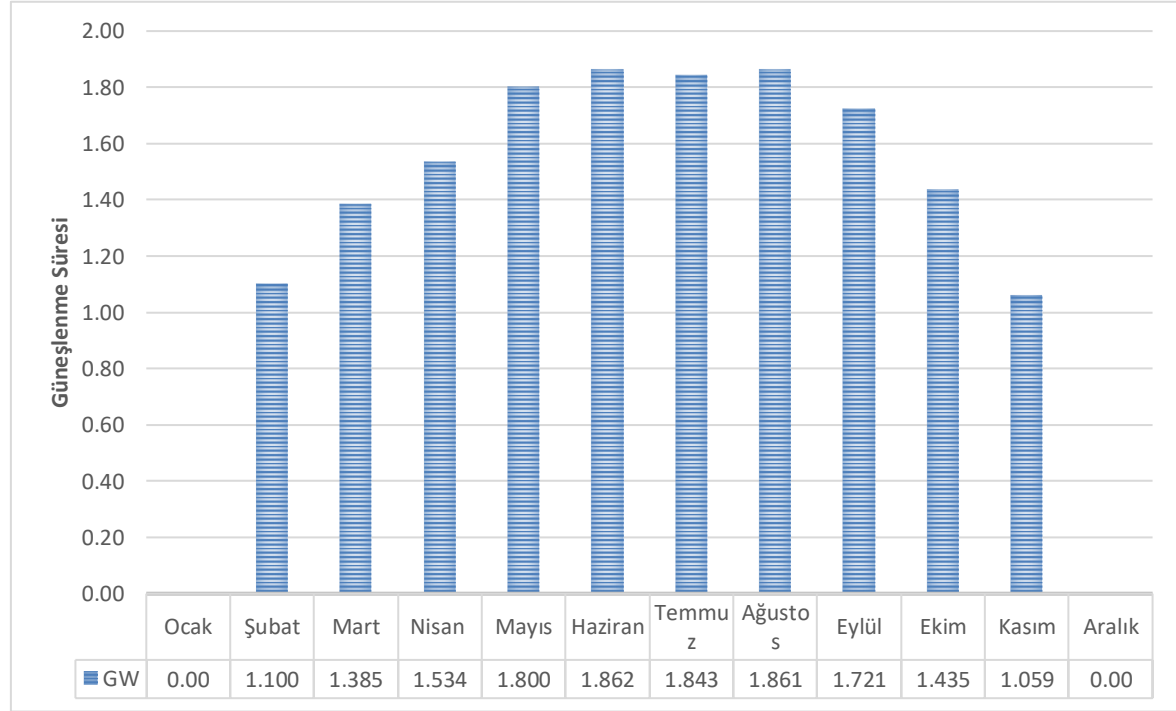


Şekil 3.7 Güneş enerjisi ile üretilen enerjinin diğer yakıtlarla karşılaştırması (RedScreen, 2023).

Yeşil Hidrojen olarak yenilenebilir enerji kaynakları ile hidrojen elde etmek ve kullanmak yenilikçi ve faydalı bir girişimdir. En büyük sorunların enerji aktarımı ve ilk maliyetleri olması nedeniyle halen yaygın değildir. Maliyeti düşürmek adına uygun alan seçimi, doğru

miktarda enerji ihtiyacına karşılık ve depolamadan kar elde etmek amaçlanmıştır. Böylelikle tesisin ürettiği toplam enerji miktarı diğer yöntemlerle kıyaslandığında tesis verimliliğinin farkı görülmektedir.

Çizelge 3.7 Aylık net elektrik üretimi [13] (ETKB, 2022).



Güneş Enerjisi Tesisinin ürettiği elektrikten ne kadar hidrojen elde edeceğimiz ise diğer başlıktır. Tesis aylık ortalama 1,546 GW elektrik üretmektedir. Aylık ortalama üretilen elektrik enerjisine göre 44.5 ton hidrojen üretilebilir (Atiz ve Karakılçık, 2018).

## P50- P90 Ölçümü

### Hava Durumu Verileri

Kaynak **Meteonorm 8.0 (2003-2010)**, Sat=% 89

Tür **Aylık Ortalama**

Çoklu Yıl Ortalaması

Yıldan Yıla Değişkenlik **4.4 %**

### Özel Alan Sapması

İklim Değişikliği **1.0 %**

### Küresel Çeşitlilik (Meteoroloji + Sistem)

Çeşitlilik (İkincil Toplam) **4.7 %**

### Simülasyon ve Parametre Belirsizliği

PV Modeli ve Parametreleri **1.0 %**

Belirsiz İnvantör Verimliliği **0.5 %**

Kirli ve Uyumsuz PV Belirsizlikleri **1.0 %**

Bozulma Riski **1.0 %**

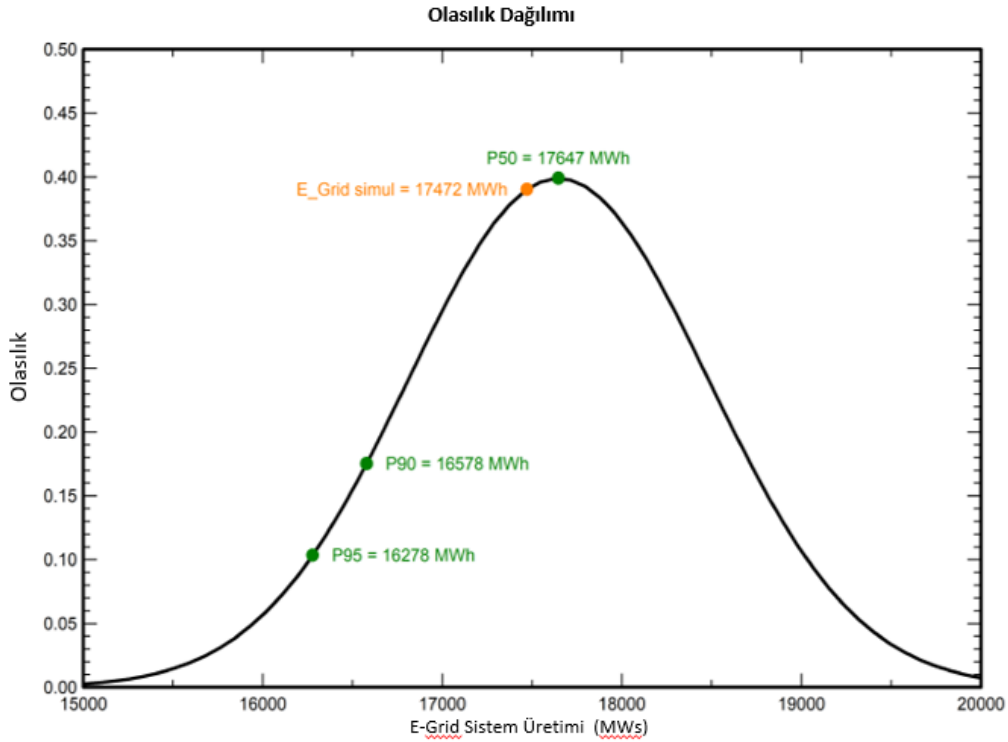
### Yıllık Üretim Olasılığı

Değişkenlik **833 MWh**

P50 **17647 MWh**

P90 **16578 MWh**

P95 **16278 MWh**



Şekil 3.8 Simüle edilen tesisin P50 P90 grafiği (PVsyst, 2022).

P50 ve P90 grafikleri, güneş enerjisi projelerinin enerji üretim tahminlerini ve risk analizini değerlendirmek için önemli araçlardır. P50, bir projenin ortalama enerji üretimini temsil ederken, P90 düşük enerji üretimi senaryolarını ifade eder. P50 değeri, bir sonucun zamanın %50'sinde bu değerin üzerine veya altına düşeceği medyan bir değeri temsil eder. Örneğin, bir projenin P50 enerji üretimi 1.000 kWh ise, bu değerin zamanın yarısında aşılabileceği veya altına düşebileceği anlamına gelir. P90 ise daha tutucu bir dilimi ifade eder ve zamanın %90'ında aşılabilecek veya karşılanabilecek bir değeri ifade eder. Güneş enerjisi projeleri, finansman ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilirken, enerji üretim tahminleri ve risk analizi önemli bir rol oynamaktadır.

P50 değeri, projenin ortalama enerji üretimini gösterir ve genellikle proje finansmanına yönelik değerlendirmelerde kullanılır. Bu değer, projenin getiri potansiyelini ve ekonomik performansını değerlendirmede kritik bir ölçüdür. Öte yandan, P90 değeri, projenin düşük enerji üretimi senaryolarını temsil eder. Bu senaryolar, öngörülen koşullar altında projenin beklenenden daha az enerji üretebileceği riskini gösterir. P90 analizi, projenin risk profiline ve finansman planlamasına dahil edilerek yatırımcılar ve finans kuruluşları için önemli bir bilgi kaynağı sağlar.

P50 ve P90 grafikleri, gerçek verilere dayalı istatistiksel analizler kullanılarak oluşturulur. Bu grafikler, projenin güvenilir enerji üretimi tahminlerini sağlar ve finansman kararlarının alınmasında önemli bir role sahiptir. P50, projenin temel enerji üretim tahminini sunarken, P90 düşük enerji üretimi senaryolarını göstererek riskleri açıkça ortaya koyar. Akademik literatürde, P50 ve P90 grafiklerinin güneş enerjisi projelerinde enerji üretimi tahminleri ve risk analizinde önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir. Bu grafikler, projenin finansmanını, getiri potansiyelini ve risk profilini değerlendirmede önemli bir araçtır ve yatırımcılar ile finans kuruluşlarına bilinçli kararlar verme konusunda yardımcı olur.

Meteorolojik veriler gibi bazı kaynaklardaki belirsizlikler, P50 ve P90 değerlerinde farklılıklara neden olabilir. Bu farklılıklar, verilerin Gauss dağılımına sahip olduğu varsayılan yıllık değişkenlik, veri kaydının kalitesi, sensörlerin konumlandırılması ve kalibrasyonu, gölgeleme veya diğer etkenler gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Ayrıca, karasal ölçümler için göz ardı edilemeyecek bir ufuk çizgisi ve ölçüm istasyonları arasındaki mesafe gibi konumsal faktörler, farklı sonuçlara yol açabilir. Uydu verilerinin yorumlanmasında kullanılan modellerin kalitesindeki gelişmeler ve iklimin evrimi de P50 ve P90 değerlerinde farklılıklara neden olabilir.

Örneğin, Cenevre'de yapılan ölçümler, belirli bir dönemde 1980 2002 ortalamasının %10 üzerinde olduğunu göstermektedir. Bu durum, istisnai veya aşırı bir durum olarak kabul edilebilir. Projenin öngörülen enerji üretimi genellikle P50 değeri kullanılarak tahmin edilebilirken, risk profili ve finansman planlaması P90 değeri üzerinden analiz edilebilir.

Sonuç olarak, P50 ve P90 grafikleri, güneş enerjisi projelerinde enerji üretimi tahminleri ve risk analizinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu grafikler, projenin finansmanını, getiri potansiyelini ve risk profilini değerlendirmede önemli bir araçtır. Ancak, farklı kaynaklardan gelen verilerdeki belirsizliklerin dikkate alınması gerekmektedir. P50 ve P90 değerlerindeki

farklılıklar, projenin enerji üretim potansiyeli ve riskleri konusunda daha bütüncül bir anlayış sağlamak için değerlendirilmelidir.

### 3.1 Tasarruf Analizi

Kurulan tesisin amortisman süresini çıkarmak için net gelir hesabı yapmak gerekmektedir. Bu yüzden hidrojen ile doğalgazı birlikte kullanılacağı için, tasarruf edilen doğalgaz miktarını bilmeliyiz. Çizelge 3.8’de maliyet analizi görülmektedir.

Çizelge 3.8 Maliyet analizi

| Ürünlerin Üretim Miktarı |               |               |                            | Hidrojen Ticareti | Sanayi Firması | Devletin İthal Fiyatı | Aylık GSYİH |
|--------------------------|---------------|---------------|----------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|-------------|
|                          | Elektrik (GW) | Hidrojen (kg) | Doğalgaz (m <sup>3</sup> ) |                   |                |                       |             |
| Aylık                    | 1,456         | 44 526        | 136 842                    | 534 312(kg)       | 1 642 104(m3)  | 1 642 104(m3)         | \$407 789   |
| Birim Fyt.               | \$0,20        | \$12          |                            | \$ 12             | \$1            | \$1,98                |             |
| Yıllık                   | 17 472        | 534 312       | 1 642 104                  | \$6.411.744       | \$1 642 104    | \$3 251 365           |             |

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| GES Kurulum Ücreti      | \$ 8.500.000,00 |
| Toplam Tasarruf Tutarı  | \$ 4.635.449,96 |
| Amortisman Süresi (Yıl) | 2,1             |

Eskilde kurulacak olan organize sanayi bölgesinin enerji ihtiyacını hem çevreci hem de tasarruflu şekilde sağlayabilmek için Yeşil Hidrojen üretimi çalışılmıştır. Bu çalışmada enerji yenilenebilir kaynak olarak güneşten elde edilmiştir.

Ayda 1.456 GW elektrik üretebilen tesisin enerjisi ile aylık 44.5 ton hidrojen üretilebilir (Atiz ve Karalılık, 2018). Yıllık 534312 kg hidrojen üretebilmek demektir. Ancak sadece hidrojenin üretilmesi yeterli değildir. Hidrojenin depolanması gerekmektedir. Hidrojen üretimi sonrasında depolama en önemli başlıktır. Çünkü hidrojenin kimyasal özelliklerinden dolayı depolanması zordur. Hem sızdırmazlık hem de gaz veya sıvı halde depolanması tesis için önemlidir. Hidrojeni yakıt olarak kullanılmadığını varsayalım. Direkt Yıllık toplam 17,47 GW elektrik üreten tesisin hidrojen ticareti ile 1 kg fiyatı 12\$ üzerinden satılabilir. Bu şekilde yıllık toplam 6,4 milyon \$ gelir elde edilebilir. Ancak hidrojenin ticaretini yapabilmek için uygun depolama tesisleri yapılması gerekmektedir. Hidrojenin depolanma maliyetleri ayrı bir tesis gerektirdiği için ilk maliyeti çok yüksektir.

Bu makalede ise hidrojen hazır olarak bulunan bir depolama tesisine aktarılacaktır. Tuz Gölü havzasına kurulması planlanan Güneş Enerjisi Tesisinin ürettiği hidrojen için depola

maliyeti çok azdır. Çünkü yine Tuz Gölü altında hâlihazırda bulunan doğalgaz depolama tesisi hidrojen depolamak için mümkün ve elverişlidir (Öztürk ve Dinçer, 2022).

Mevcut Tuz Gölü Doğalgaz Depolama Tesisi 2021 yılında tamamlanan 1. Etap bölgesiyle toplam 1 milyar  $\text{Sm}^3$  depolama kapasitesine ve 40 milyon  $\text{Sm}^3$  günlük geri üretim kapasitesine ulaşmıştır.

Üretilen hidrojenin doğalgaz deposuna basıldığında, OSB tarafında kullanılan doğalgaz miktarı düşecek, doğalgazın hem işletme hem de ülke olarak ithalinden tasarruf edilecektir. Çünkü 1  $\text{Sm}^3$  doğalgaz enerji değeri olarak 10.64 kW enerjiye sahiptir (EPDK, 2022) Enerji kıyaslaması olarak bakıldığında 1 kg H elektrik enerjisi olarak 33.7 kW enerjiye sahiptir.

Böylece hem depolamadan hem de depolama maliyetinden tasarruf edilmiş olunur.

Aylık üretilen 44526 kg hidrojen enerji değeri olarak 136842  $\text{Sm}^3$  doğalgaza eşitir. Yıllık değer olarak bu değer 1642104  $\text{Sm}^3$  doğalgaza eşitir. 2022 yılı verilerine göre 1  $\text{Sm}^3$  doğalgazın fiyatı işletmeler için 1\$'dır (Euronews, 2022) Hidrojen üretiminden tasarruf edilen doğalgaz tutarı OSB işletmeleri toplam 1,6 milyon \$'dır. Ancak tasarrufun asıl kalemi devletin doğalgazı ithalinden olacaktır. Türkiye 2022 yılı son verilerine göre Türkiye Cumhuriyeti 1  $\text{Sm}^3$  doğalgaz için 1.98\$ ödemiştir (Haberler, 2022) Tasarrufu sağlanan 1.6 milyon  $\text{Sm}^3$  doğalgazın fiyatı ülkemiz için 3.2 milyon \$'dır.

OSB ve devlet tarafından harçanan toplam tutar 4,8 milyon \$'dır. Güneşten hidrojen üretilip, bunu doğalgaz deposunda tutarak kullanmak, yılda toplam 4.8 milyon \$ tasarruf sağlayacaktır. Tesisin kurulumu 8.5 milyon \$'dır. Hidrojen üretildikten sonra doğalgaz tesisine aktarım için gerekli borulama, bakım maliyeti vardır. İlk yatırım ve yedek parçalar ile toplam miktar 10 milyon \$'dır. Böylece amortisman süresi 2.1 yıldır.



#### 4. SONUÇ

Yapılması planlanan Organize Sanayi Bölgesi'nin ısınma için gerekli olan ihtiyacı alternatif enerji kaynakları ile temin edilebilir. Yeşil Hidrojen olarak sıfır emisyon değerine sahip fotovoltaiik üretim ile hidrojen üretimi sağlanarak bölgenin ısınmasındaki ihtiyaç giderilebilir. Değerlerden okunduğu üzere güneş panellerinin ve sanayi bölgesinin Aksaray ilinde olması bu konuda büyük avantajdır. Özellikle Konya Aksaray sınırında güneşe maruz açık alanların bulunması yerleşke için oldukça mühimdir. Bu da Güneş'ten hidrojen üretmeyi elverişli ve olumlu değerlendirebilir olduğuna işaretir. Organize sanayi bölgesinin olası yer değişikliği tesis civarına kurulacak fotovoltaiik tesisin yerini etkileyecektir. Tesis verimliliği bölgenin yüksek miktarda güneş almasından ötürü önemli ölçüde değişmeyecektir ancak elverişli arazinin sanayi bölgesine olan uzaklığı hidrojenin taşınması için önemli kalem oluşturacaktır. Depolama işlemi ise teorik olarak Tuz Gölü doğalgaz tesisinde mümkündür. Depolama sonucu sisteme aktarılan bu yakıt ile doğalgazın enerji değerini sabit tutarak emisyon değerini azaltılmıştır. Ayrıca GES alanı kurulması planlanan bölge birebir sahada gözlemlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar ve simüle edilen senaryolarda Aksaray illine 10MW değerinde bir Güneş Enerjisi Tesisi kurarak, elektrik enerjisi ile hidrojen üretilip depolamak 2.61 yıl içerisinde kendi kendini ödeyebilmektedir. Hidrojenin doğalgaz ile beraber depolanması ise yeşil hidrojen üreterek daha geniş kullanım alanı olan doğalgazın emisyon değerini düşürmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Acar, C., Erturk, E., ve Firtina Ertis, I. (2023). Performance analysis of a stand alone integrated solar hydrogen energy system for zero energy buildings. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(5), 1664 1684.
2. Kültür ve Turizm Bakanlığı (2023) Aksaray Coğrafi Konum Bilgileri URL: [aksaray.ktb.gov.tr/](https://aksaray.ktb.gov.tr/)
3. Arslan, E., ve Topal, (2015) H. Güneş enerjisi potansiyelinin bölgesel analizi ve enerji üretim sistemlerine uyarlanması üstüne bir araştırma 14 31
4. Atiz, A., ve Karakilcik, M. (2018). The Theoretical investigation of performance of the hydrogen attainment system with electricity from a solar pond. *Çukurova University J Faculty of Engineering and Architecture*, 33(4), 1 8.
5. Chen, Z. M., ve Chen, G. Q. (2011). An overview of energy consumption of the globalized world economy. *Energy Policy*, 39(10), 5920 5928.
6. Çağlar, A. (2000). Piroliz yöntemi ile biyokütle materyallerinin hidrojen muhtevası yüksek gaz ürünlere dönüştürülmesi ve katalizörün ürün verimine etkisinin araştırılması.
7. Silva Veras, T., Mozer, T. S., ve Silva César, A. (2017). Hydrogen: trends, production and characterization of the main process worldwide. *International journal of hydrogen energy*, 42(4), 2018 2033.
8. Deniz, E. (2013). GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE KAYIPLAR.
9. Eskin, M. C. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye ve Ekonomiye Etkisi. Uzmanlık Tezi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Mali Hizmetler Uzmanlığı.
10. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2023) Aksaray Güneş Enerjisi ve Işınım Değerleri URL: GEPA ([enerji.gov.tr](https://enerji.gov.tr/))
11. Global Güneş Enerjisi Atlası (2023), Dünya ve Türkiye Güneş Enerjisi ve Işınım Değerleri, URL: [globalsolaratlas.info/map](https://globalsolaratlas.info/map)
12. Goltsov VA and Veziroglu TN. 2001. From hydrogen economy to hydrogen civilization. *International Journal of Hydrogen Energy* 26:909 915.
13. Joshi, A. S., Dincer, I., ve Reddy, B. V. (2010). Exergetic assessment of solar hydrogen production methods. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(10), 4901 4908.
14. Kane, R. P. (2005). Sun–Earth relation: Historical development and present status—A brief review. *Advances in Space Research*, 35(5), 866 881.
15. Kannan, N., ve Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092 1105.
16. Karayel, G. K., Javani, N., ve Dincer, I. (2021). Green hydrogen production potential for Turkey with solar energy. *International Journal of Hydrogen Energy*.
17. Li, Z., Zhang, W., Zhang, R., ve Sun, H. (2020). Development of renewable energy multi energy complementary hydrogen energy system (A Case Study in China): A review. *Energy Exploration ve Exploitation*, 38(6), 2099 2127.
18. Mekhilef, S., Saidur, R., ve Safari, A. (2011). A review on solar energy use in industries. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(4), 1777 1790.
19. Moriarty, P., ve Honnery, D. (2009). Hydrogen's role in an uncertain energy future. *international journal of hydrogen energy*, 34(1), 31 39.
20. Mosca, L., Jimenez, J. A. M., Wassie, S. A., Gallucci, F., Palo, E., Colozzi, M., ... ve Galdieri, G. (2020). Process design for green hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(12), 7266 7277.

21. Ozturk, M., ve Dincer, I. (2022). System development and assessment for green hydrogen generation and blending with natural gas. *Energy*, 261, 125233.
22. Ölmez, Y. C. (2017). Determination of solar power potential in Turkey and impact of solar power plant in Karapinar on the grid.
23. Öztürk M., Elbir A., Özek N. ve Yakut A.K. (2011). Güneş Hidrojen Üretim Metotlarının İncelenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey, s. 231-237.
24. PINAR, A., BULDUR, A., ve TUNCER, T. (2020). Türkiye'deki rüzgar enerji santralleri dağılışının coğrafi perspektiften analizi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(43), 167-182.
25. Sözen, A., Arcaklioğlu, E., Özalp, M., ve Kanit, E. G. (2005). Solar energy potential in Turkey. *Applied Energy*, 80(4), 367-381.
26. Steinfeld, A. (2005). Solar thermochemical production of hydrogen—a review. *Solar energy*, 78(5), 603-615.
27. EPDK (2022) Türkiye’de ithal edilen doğalgaz enerji değerleri ve piyasa bilgileri. URL: [webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aoiRYAq6UIgJ:www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument%3Fid%3D6FG1ejdXAYU%3Dvecd=12vehl=trvectl=clnkvegl=tr](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aoiRYAq6UIgJ:www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument%3Fid%3D6FG1ejdXAYU%3Dvecd=12vehl=trvectl=clnkvegl=tr)
28. Google Maps (2023) Aksaray OSB Alanları [www.google.com.tr/maps/@38.26523,33.2885804,13.15z?hl=tr](https://www.google.com.tr/maps/@38.26523,33.2885804,13.15z?hl=tr)
29. Yilanci, A., Dincer, I., ve Ozturk, H. K. (2009). A review on solar hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications. *Progress in energy and combustion science*, 35(3), 231-244.
30. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2023) Aksaray OSB Plan Raporu URL: [webdosya.csb.gov.tr/db/aksaray/icerikler/osb-plan-aciklama-raporu-20230224084018.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/aksaray/icerikler/osb-plan-aciklama-raporu-20230224084018.pdf)
31. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (2022) Doğalgaz İhraç ve İthal Fiyatları, URL: [seffaflik.epias.com.tr/transparency/about.xhtml](https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/about.xhtml)

## DİZİN

### D

depolama, iv, 32, 48, 49  
doğal, 8, 10, 12  
doğalgaz, iv, 32, 48, 49, 50, 52

### E

elektrik, 5, 16, 19, 20, 21, 26, 27, 30, 31, 32, 36, 37, 40,  
43, 45, 48, 49, 50  
emisy on, iv, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 42, 50  
Emisy on, ix, 9, 12  
Enerji, 2, iv, viii, ix, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 16, 18, 19,  
20, 23, 49, 51, 52

### G

GES, x, xi, xii, 17, 26, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 50  
Güneş, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,  
23, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 39, 40, 42, 43,  
44, 45, 46, 48, 50, 51, 52  
Enerji, iv, viii, ix, xi, xii, 5, 6, 15, 18, 19, 20, 21, 23,  
25, 27, 31, 32, 36, 45, 48, 50, 51  
Güneşlenme, viii, 20

### H

hidrojen, iv, vi, 1, 9, 12, 13, 14, 18, 23, 30, 31, 32, 44,  
45, 48, 49, 50, 51

### I

ışınım, 15, 23, 24, 25, 29

### K

karbon, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16  
Karbon, iv, 8, 9, 11, 43  
Kayıp, ix, 3, 43

### L

lokasyon, 35

### O

OSB, 1, 2, iv, v, vi, viii, xi, xii, 25, 26, 27, 30, 33, 34, 36,  
49, 52

### R

radyasyon, 17, 18, 19, 20, 25, 27, 28, 36, 40  
Radyasyon, viii, ix, 18, 27, 36  
RedScreen, vii, viii, 23, 26, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 39,  
42, 44

### S

sürdürülebilirlik, 10, 46

### T

tesis, iv, 5, 10, 20, 23, 27, 32, 33, 37, 45, 48, 50  
Tesis, iv, ix, 32, 37, 43, 44, 45, 50  
Türkiye, viii, xi, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 28, 36,  
49, 51, 52

### U

üretim, iv, 8, 10, 18, 22, 23, 31, 32, 39, 40, 46, 47, 48,  
49, 50, 51

### Y

Yenilenebilir, ix, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 51  
Yeşil, iv, vi, 10, 13, 18, 23, 43, 44, 48, 50  
Hidrojen, iv, vi, vii, ix, 12, 13, 18, 23, 30, 31, 32, 43,  
44, 48, 49, 50, 52



**TEKNOVERSİTE**



teknoversite AYRICALIĞINDASINIZ

İSTE

